

# **OS FOSFATOS NA CANA-DE-AÇÚCAR**

**NILO GUSTAVO SOUZA MARTINS**

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências, Área de Concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos.

**P I R A C I C A B A**

**Estado de São Paulo - Brasil**

**Julho - 2004**

# **OS FOSFATOS NA CANA-DE-AÇÚCAR**

**NILO GUSTAVO SOUZA MARTINS**

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. **ANDRÉ RICARDO ALCARDE**

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências, Área de Concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos.

**P I R A C I C A B A**

Estado de São Paulo - Brasil

Julho - 2004

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Martins, Nilo Gustavo Souza

Os fosfatos na cana-de-açúcar / Nilo Gustavo Souza Martins. - - Piracicaba, 2004.  
87 p. : il.

Dissertação (mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2004.  
Bibliografia.

1. Caldo de cana-de-açúcar 2. Fosfato – Teor I. Título

CDD 664.122

**“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”**

*Ao MESTRE da Vida.*

*Ao MESTRE do Amor e da Sabedoria.*

*Àquele cujo falar é muitíssimo Suave, Doce e Agradável para mim.*

*Ao meu Amado JESUS CRISTO.*

*Dedico.*

*Aos meus queridos pais*

*José Carlos Martins e Inêz Helena de Souza Martins,*

*e ao meu irmão Nereu André Souza Martins.*

*Ofereço.*

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus pela sua Graça.

Ao Prof. Dr. André Ricardo Alcarde pela orientação, amizade e apoio durante a realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Jorge Horii pela orientação, amizade, apoio e sugestões durante a realização deste trabalho.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, em especial ao Setor de Açúcar e Álcool do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição pelos recursos oferecidos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos durante o curso de mestrado.

Ao Prof. Dr. Antônio Francisco Iemma pela colaboração nas análises estatísticas.

Ao Prof. Dr. Marcos Omir Marques pelas valiosas sugestões.

Ao Prof. Dr. Carlos Alberto França Ribeiro pelas valiosas sugestões, amizade e apoio.

À minha prima Raquel Constance Otaviano pelas sugestões.

À todos familiares que me apoiaram.

Aos técnicos de laboratório Sylvino, Rosemary e Pedrinho pelo auxílio nas análises e amizade.

À todos os meus amigos(as), Andréa, Camila, Christian, Cristiane, Karina, Márcia, Vanessa, Fabio, Luis, Regina, Vana, André, Antônio, Giuliano, José Rubens, Juliana, Murilo e Thaís pela amizade e alegrias compartilhadas.

À todos colegas do CENA e de outros Departamentos da ESALQ que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

Muito Obrigado!

## SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	viii
SUMMARY.....	x
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 A cultura da cana-de-açúcar.....	3
2.2 O fósforo.....	6
2.3 Os fosfatos na cana-de-açúcar.....	8
2.4 Os fosfatos no caldo da cana-de-açúcar.....	10
2.5 Os antinutricionais.....	12
2.5.1 O ácido fítico.....	13
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1 Variedades de cana-de-açúcar.....	20
3.2 Amostragem.....	21
3.3 Preparo das amostras.....	22
3.4 Determinações analíticas.....	24
3.4.1 Fosfatos.....	24
3.4.2 Brix refratométrico.....	25
3.4.3 Pol.....	25
3.4.4 Fibra.....	26
3.4.5 Ácido fítico.....	26
3.5 Cálculos tecnológicos.....	26
3.6 Análise estatística.....	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28

4.1 Análises tecnológicas da cana-de-açúcar.....	28
4.1.1 Fibra.....	28
4.1.2 Sólidos solúveis.....	30
4.1.3 Pol.....	33
4.1.4 Pureza.....	36
4.2 Fosfatos.....	38
4.2.1 Fosfato total.....	40
4.2.2 Fosfato inorgânico.....	43
4.2.3 Fosfato orgânico.....	46
4.3 Correlações entre fosfatos, fibra, brix, pol e pureza.....	51
4.4 Ácido fítico.....	57
5 CONCLUSÕES.....	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
APÊNDICES.....	72

## OS FOSFATOS NA CANA-DE-AÇÚCAR

Autor: NILO GUSTAVO SOUZA MARTINS

Orientador: ANDRÉ RICARDO ALCARDE

### RESUMO

Este estudo visou quantificar os teores de fosfato total, inorgânico e orgânico no caldo proveniente de diferentes alturas (região basal, mediana e apical) do colmo de três variedades de cana-de-açúcar, além de buscar levantar a ocorrência de *myo*-inositol hexafosfato (ácido fítico) em colmos de cana-de-açúcar. A composição química e tecnológica de colmos de cana-de-açúcar está relacionada com as características genéticas da variedade. Os colmos da cana-de-açúcar são compostos de fibra e caldo absoluto. O caldo contém cerca de 25% de sólidos solúveis, dos quais a sacarose se destaca. Na área agrícola o elemento fósforo é importante principalmente no metabolismo fotossintético da planta. No caldo de cana-de-açúcar se encontra nas formas mineral e orgânica, exercendo uma função chave no processo de clarificação do caldo para produção de açúcar, sendo também importante nos processos de fermentação alcoólica. Em grãos de cereais e leguminosas, estudos com o elemento fósforo, ou mais especificamente o *myo*-inositol hexafosfato (ácido fítico), têm mostrado algumas características antinutricionais, antioxidantes e anticarcinogênicas, que o ácido fítico possui quando complexado com certos cátions. Foram utilizadas as variedades SP 82-3530, SP 83-5073 e RB 83-5486 de cana-de-açúcar para as análises de fosfatos, sendo os colmos das mesmas divididos em região

basal (3/8), mediana (3/8) e apical (2/8). Para as análises de ácido fítico foi utilizada apenas a variedade SP 82-3530, sendo os colmos desta analisados integralmente, com e sem casca, e divididos em nós e internódios com e sem casca. O caldo dos colmos de cana foi extraído em prensa hidráulica. As variedades apresentaram teores que variaram de 370 a 936 mg  $P_2O_5$  total por litro de caldo. As regiões do colmo apresentaram valores decrescentes para os três tipos de fosfato da base para o ápice do colmo. O fosfato orgânico representou aproximadamente 5% do total. As porcentagens dos teores de fosfato orgânico em relação ao total, apresentaram um gradiente crescente da região basal para a apical. A análise de ácido fítico, por este ter apresentado teores insignificantes no caldo e na cana, ficou prejudicada pela metodologia aplicada, a qual se mostrou inadequada.

## **PHOSPHATES IN SUGARCANE**

Author: NILO GUSTAVO SOUZA MARTINS

Adviser: ANDRÉ RICARDO ALCARDE

### **SUMMARY**

The objective of the present study was to estimate total, inorganic and organic phosphate amounts in the juice of stalk segments (basal, middle and top) of three sugarcane varieties, as well as assessing the presence of myo-inositol 6-phosphate (phytic acid) in sugarcane stalks. The chemical and technological compositions of sugarcane stalks are linked to the genetic characteristics of each variety. Sugarcane stalks are composed of fiber and absolute juice. The juice contains about 25% of soluble solids, mainly sucrose. Phosphorus is an important element in agriculture, due to its participation in the photosynthetic metabolism of plants. Phosphorus is found in its mineral and organic forms in the sugarcane juice and plays a key role in the clarification and fermentation processes for the production of sugar and alcohol. Studies on phosphorus, or rather, on myo-inositol 6-phosphate (phytic acid), in cereal and leguminous grains have evidenced some anti-nutritious, antioxidant and anticarcinogenic characteristics of the phytic acid when complexed with certain cations. Basal (3/8), middle (3/8) and top (2/8) stalk segments from SP 82-3530, SP 83-5073 and RB 83-5486 sugarcane varieties were analyzed for their phosphate amounts. Only stalk segments from the variety SP 82-3530, separated in nodes and internodes, peeled or not, were analyzed for phytic acid

amounts. The juice of sugarcane stalks was extracted on hydraulic press. Total  $P_2O_5$  varied from 370 to 936 mg per liter of juice. The three types of phosphate showed decreasing amounts from the bottom to the top of the stalk. Organic phosphate constituted approximately 5% of total phosphate. Percentages of organic phosphate in relation to total phosphate amounts increased gradually from the basal to the top stalk segments. As phytic acid was found in insignificant amounts, the assessment of its presence was limited by the methodology used, which showed to be inappropriate.

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) possui grande importância econômica para o Brasil pois, além de ser utilizada para a produção de açúcar para o consumo interno e exportação, gerando divisas para o país, é utilizada também para a produção de álcool, que representa uma alternativa como substituto do combustível derivado do petróleo. Ainda, a cana-de-açúcar é um recurso forrageiro na alimentação suplementar dos ruminantes no período de estiagem.

A composição físico-química dos colmos de cana-de-açúcar que a indústria sucroalcooleira processa está intimamente relacionada com as características genéticas da variedade e com as condições edafoclimáticas específicas da região onde a cultura está instalada. Resumidamente o colmo da cana-de-açúcar é composto de fibra e caldo absoluto. O caldo contém cerca de 25% de sólidos solúveis, dos quais a sacarose se destaca. Na área agrícola o fósforo é importante na adubação e principalmente no tocante ao metabolismo fotossintético da planta. O fósforo presente no caldo é um elemento que exerce um papel de extrema importância no processo de clarificação do caldo para produção de açúcar, bem como este elemento também é importante nos processos de fermentação alcoólica.

Atualmente, o elemento fósforo, ou mais especificamente o *myo*-inositol hexafosfato (ácido fítico), uma forma orgânica complexada, têm sido eloqüentemente estudado nos grãos de cereais e leguminosas, tais como trigo, milho, arroz, feijão e soja, com relação aos teores presentes nos mesmos e com relação à algumas características antinutricionais, antioxidantes e

anticarcinogênicas, que este elemento possui quando combinado com certos cátions.

O presente trabalho teve como objetivo quantificar os teores de fosfato total, inorgânico e orgânico no caldo proveniente de diferentes alturas (região basal, mediana e apical) do colmo de três variedades de cana-de-açúcar, bem como levantar a possível ocorrência de *myo*-inositol hexafosfato (ácido fítico) no caldo, no bagaço e nas regiões do nó, internódio, casca, medula de colmos de cana-de-açúcar, visando um estudo futuro de extração de inositol.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A cultura da cana-de-açúcar

A cultura da cana-de-açúcar ocupa um lugar de destaque na agricultura por sua importância econômica e social, sendo uma das espécies mais cultivadas no mundo, alcançando mais de 80 países. No Brasil seu cultivo é uma das mais antigas atividades econômicas, ocupando atualmente cerca de cinco milhões de hectares, dos quais aproximadamente três milhões estão localizados no Estado de São Paulo (FNP Consultoria & Comércio, 2004).

Na safra 2002/2003 o Brasil produziu cerca de 350 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, com rendimento médio de 70 toneladas por hectare, consagrando-se assim como o maior produtor de cana-de-açúcar e maior exportador de açúcar do mundo. As indústrias sucroalcooleiras movimentam o equivalente a 15,7 bilhões de reais por ano, contribuindo com 2,5% do Produto Interno Bruto do país (Brasil, 2004).

Nos últimos anos o setor sucroalcooleiro vem passando por alguns problemas político-econômicos, tais como os relacionados às queimadas, à produção e ao estabelecimento dos preços do açúcar e do álcool. Dessa forma, o setor vem deixando a atividade extrativista e investindo cada vez mais na formação de uma agroindústria integrada que explora as diversas possibilidades energéticas e alimentícias da cana-de-açúcar.

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é uma planta pertencente à família das gramíneas ou poáceas juntamente com os gêneros *Zea* e *Sorghum*. Seis espécies de *Saccharum* são reconhecidas: *S. officinarum*, *S. sinense*, *S.*

*barberi*, *S. edule*, *S. spontaneum* e *S. robustum*. O centro de origem é a região leste da Indonésia e Nova Guiné (Daniels & Roach, 1987).

Atualmente a cultura da cana-de-açúcar está alicerçada em variedades que são híbridos obtidos por um cuidadoso e criterioso trabalho de seleção e melhoramento genético entre as espécies conhecidas, fazendo com que características desejáveis para regiões e situações específicas sejam agrupadas através dos cruzamentos.

As variedades de cana-de-açúcar são responsáveis pelo fornecimento de matéria-prima para a indústria, caracterizada como sendo colmos de cana-de-açúcar em adequado estágio de maturação, onde são armazenados os carboidratos de reserva. A escolha desta é considerado o fator de produção e desenvolvimento tecnológico de maior importância em uma usina sucroalcooleira (Matsuoka, 2000).

A formação de um canavial uniforme requer um preparo intenso do solo, mudas sadias e adequadas técnicas de cultivo. Normalmente as mudas de cana-de-açúcar são plantadas em sulcos na proporção de 12 a 15 gemas por metro de sulco, ou seja, são distribuídas uma cana e meia ou duas canas juntas ao longo do sulco para depois serem picadas em toletes. A posição dos colmos deve ser na forma de “pé com ponta”, isto é, em sentidos contrários, para uniformizar o talhão e evitar alguma possível falha de germinação da região basal do colmo. A dominância apical exerce influência na germinação quando o número de gemas dos toletes plantados é superior a um, sendo as gemas basais as que brotam mais tardiamente (Coleti, 1987).

A dominância apical, que induz primeiramente o desenvolvimento das gemas localizadas na região superior do colmo e mais tardiamente as localizadas na base do colmo, é amenizada no plantio das mudas quando o colmo é picado em toletes com aproximadamente três gemas, obtendo assim um canavial mais homogêneo (Brieger & Paranhos, 1964).

A cultura da cana-de-açúcar é bastante influenciada pelas condições edafoclimáticas. Fatores como a precipitação pluviométrica, a temperatura, a umidade relativa e a insolação são condicionantes climáticos importantes na determinação das disponibilidades hídrica e térmica para a cultura. Esses parâmetros têm efeito sobre o comportamento fisiológico da cultura em relação ao metabolismo de crescimento e desenvolvimento dos colmos, florescimento, maturação e produtividade. Da mesma forma o relevo, a geologia e a geomorfologia, que influenciam as características pedológicas, também estabelecem implicações diretas sobre o manejo da cultura, considerando a fertilidade do solo e todos os aspectos a ela relacionados (Melo et al., 1999).

A maturação da cana-de-açúcar se inicia pelos internódios inferiores do colmo e pode ser influenciada por fatores como o clima, solo, tratos culturais e variedade. É necessário que haja uma deficiência térmica ou hídrica para que a cana-de-açúcar entre em maturação, caso contrário ela permanece vegetando sem acumular sacarose. Solos argilosos com maior capacidade de retenção hídrica podem retardar a maturação, por outro lado, em solos arenosos, mais permeáveis, a maturação pode ser antecipada e acelerada (Delgado & Cesar, 1977).

Conseqüentemente, a composição físico-química do caldo da cana-de-açúcar que uma indústria sucroalcooleira processa também está relacionada com as condições edafoclimáticas da região onde a cultura está instalada. Apesar deste fato poder trazer grande variabilidade, as indústrias sucroalcooleiras brasileiras vêm se destacando cada vez mais nos mercados internacionais, os quais exigem produtos com rigorosos padrões de qualidade.

A composição química e tecnológica da cana-de-açúcar varia em função das condições climáticas, das propriedades físicas, químicas e microbiológicas do solo, do tipo de cultivo, da variedade e do estágio de maturação. Em média a cana-de-açúcar apresenta 74,5% de água, 25% de matéria orgânica e 0,5% em matéria mineral. Para o tecnologista, a cana-de-açúcar é representada pelo colmo, que é constituído de fibra e caldo absoluto.

A fibra, definida como o conjunto de substâncias insolúveis em água, é constituída principalmente de celulose, hemicelulose e lignina. O seu teor varia de 10 a 16%. O caldo absoluto representa, portanto, de 84 a 90% do colmo. O caldo absoluto, definido como uma solução impura e diluída de sacarose, é constituído de água (75 a 82%) e de sólidos solúveis (18 a 25%). Os sólidos solúveis (Brix) são agrupados em açúcares (18%) e não-açúcares orgânicos (1%) e inorgânicos (1%). Os açúcares são representados principalmente pela sacarose (17%), e glicose e frutose (1,0%). Os não-açúcares orgânicos são constituídos de substâncias nitrogenadas (proteínas e aminoácidos), gorduras, ceras, ácidos (málico, succínico, aconítico e outros) e pigmentos (clorofila, sacaretina e antocianina). Os não-açúcares inorgânicos, representados pelas cinzas, têm como componentes principais: sílica, potássio, fósforo, cálcio, sódio, magnésio, ferro, cloro, alumínio, enxofre e outros (Delgado & Cesar, 1977).

## **2.2 O fósforo**

O elemento fósforo (P) é um importante macronutriente, constituindo cerca de 0,2% do peso seco das plantas. É um componente estrutural de macromoléculas, como ácidos nucleicos e fosfolipídios, e também da adenosina trifosfato (ATP), sendo um elemento chave de várias vias metabólicas e reações bioquímicas, tais como inúmeras etapas das vias  $C_3$  e  $C_4$  do ciclo de Calvin e da glicólise. Depois do nitrogênio, o fósforo é o macronutriente que mais limita o desenvolvimento dos vegetais. Embora a quantidade total de fósforo no solo possa ser relativamente alta, na maioria das vezes este não se encontra na sua forma lábil ou no alcance da rizosfera. Nos diversos sistemas de produção agrícola, principalmente nos tropicais, são necessárias aplicações de fósforo inorgânico ( $P_i$ ) no solo para garantir a produtividade. A recuperação do fósforo durante o ciclo de produção é limitada. Cerca de 80% do total de  $P_i$  aplicado no solo torna-se indisponível, sendo imobilizado, adsorvido e/ou

transformado em uma forma orgânica. O restante se encontra na fração inorgânica, na qual já foram documentadas 170 formas minerais de Pi (Holford, 1997). Além disso, a mobilidade de Pi no solo é baixa, ocorrendo principalmente por difusão com taxa variando de  $10^{-12}$  a  $10^{-15}$   $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  (Novais & Smyth, 1999).

A produção agrícola no mundo é bastante influenciada pela baixa disponibilidade de Pi no solo, o qual se encontra em concentrações da ordem de 2  $\mu\text{M}$ , enquanto que nos tecidos vegetais é de 10 mM (Mimura, 1999). Devido ao fato do Pi não se encontrar sempre prontamente lábil, têm sido observadas diferentes cinéticas de absorção de fósforo em condições naturais (Ozane, 1980). As plantas têm evoluído de forma adaptativa, utilizando os mais variados mecanismos morfológicos, fisiológicos, metabólicos, moleculares e simbióticos para conviver nessas condições. As atividades humanas, de forma análoga, lançam mão de fertilizantes como estratégia alternativa para aumentar a disponibilidade de fósforo para as plantas (Raghothama, 1999).

Segundo Miller (1974) a aplicação de fósforo juntamente com nitrogênio proporcionou a absorção duas vezes maior de Pi pelas raízes, enquanto que a aplicação separada proporcionou uma taxa 1,5 vezes menor na absorção de fósforo em plantas de milho. Esse efeito positivo do nitrogênio sobre a absorção de fósforo está relacionado com o envolvimento do nitrogênio nos processos de absorção e transporte interno de Pi. Além disso, o nitrogênio na forma amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) contribui para a redução do pH na interface solo-raiz, solubilizando outras formas de P, aumentando assim sua disponibilidade (Marschner, 1991).

Plantas de cana-de-açúcar vegetando em uma solução na qual foi omitido o fósforo foram menores que a testemunha, onde o fósforo estava presente. A brotação também foi reduzida, os colmos apresentam internódios curtos, as raízes ficaram atrofiadas e a relação parte aérea/raiz diminuiu. A deficiência aparece inicialmente nas folhas mais velhas e se caracteriza por um secamento e retorcimento da ponta, apresentando uma coloração palha (Haag et al., 1987).

O uso de fontes orgânicas de P tem um papel fundamental para a vida de microorganismos, aumentando a capacidade de troca catiônica (CTC) e a mobilidade de P no solo (Almeida, 2002).

A absorção de  $P_i$  do solo pela planta ocorre preferencialmente na forma de ânion ortofosfato, através de um processo de co-transporte com prótons ( $H^+$ ), via um gradiente eletroquímico de membrana gerado com consumo de ATP (Sakano, 1990).

### **2.3 Os fosfatos na cana-de-açúcar**

Os diferentes elementos que compõem a cana-de-açúcar e seu caldo têm sido alvo de estudo de agrônomos, fisiologistas, tecnologistas e químicos. Existe, no entanto, uma falta de familiaridade entre os tecnologistas e os estudos realizados por fisiologistas, sendo que estes últimos têm interesse em conhecer os efeitos de elementos específicos na biologia da planta, sua assimilação, sua transformação e acúmulo na planta e a forma que podem ser caracterizados. Enquanto que para os tecnologistas interessa saber quais os elementos presentes na matéria-prima que a indústria processa, a forma que estes serão eliminados pelos processos de purificação e como eles podem afetar a qualidade do produto final. Já os agrônomos estudam as relações entre o solo e o crescimento da planta e a forma que esta relação pode ser afetada pelos métodos de cultivo, aeração do solo, irrigação e uso de fertilizantes.

O fósforo em colmos de cana-de-açúcar, embora encontrado em menores quantidades ( $13\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) que o nitrogênio ( $93\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) e o potássio ( $98\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), exerce função chave no metabolismo da planta, particularmente na formação de proteínas, no processo de divisão celular e fotossíntese (Meyer, 1980). A presença do fosfato é necessária para a síntese de compostos fosforilados e a falta deste nutriente causa distúrbios imediatos no metabolismo e no desenvolvimento das plantas (Cesar et al., 1987).

Teoricamente o fósforo tem um papel importante na formação de sacarose quando o composto glucose-1-fosfato junta-se com a frutose para formar a sacarose (Alexander, 1973). Porém, os estudos de Orlando Filho & Zambelo Júnior (1980), Silva (1983), Korndorfer (1990) e Pereira et al. (1995) não mostraram resposta positiva à adubação fosfatada com relação ao acúmulo de sacarose, ou seja, não ocorreram aumentos na produção de açúcar por área.

Borden & Denison (1942) relatam que em um experimento com adubação fosfatada onde somente a cana-planta recebeu aplicação da mesma, o caldo da cana-soca apresentou maior teor de fosfato que aquele da cana-planta. Cesar (1970) também obteve maior teor de fosfato no caldo de cana-soca da variedade CB41-76.

Segundo Serra (1973) os teores de brix, pol, açúcares redutores, pureza aparente e açúcar provável na cana não foram alterados com a adubação fosfatada nos solos podzólico vermelho amarelo e terra roxa estruturada, enquanto que no latossolo roxo os mesmos foram alterados. Os fosfatos total e inorgânico tiveram seus teores elevados no caldo com a adubação fosfatada somente no podzólico vermelho amarelo e terra roxa estruturada, e não no latossolo roxo. Quanto ao fosfato orgânico, seu teor não se alterou com a adubação. A intensidade da resposta à adubação fosfatada depende tanto das características químicas do solo que regulam sua capacidade de reter e ceder fósforo, como também do binômio fósforo original-fósforo aplicado.

No estudo de Paranhos (1987) as folhas da cana-de-açúcar acumularam maiores teores de fosfato do que os colmos até o décimo segundo mês após o plantio. Os teores de fosfato no colmo foram sempre crescentes, enquanto que nas folhas os teores decresceram após o décimo quarto mês do plantio.

O colmo da cana-de-açúcar é composto por uma sucessão de internódios em diferentes estádios fisiológicos de maturação (internódios maduros, em maturação e imaturos). Os internódios imaturos localizados na região apical do colmo com folhas verdes são fibrosos, com alta concentração de hexoses e baixa concentração de sacarose. Durante o crescimento da planta, o teor de sacarose é maior nos internódios basais e progressivamente menor nos apicais. Em colmos maduros todos os internódios têm concentração semelhante de sacarose (Machado, 1987).

Castro (2002), estudando a fotossíntese em cana-de-açúcar, define esta como uma reação de óxido-redução que participam o  $\text{CO}_2$  como oxidante e a  $\text{H}_2\text{O}$  como redutor, e que envolve a transferência de elétrons através de um gradiente de potencial. Castro (2004) descreve as reações que participam da rota de formação da sacarose e considera o  $\text{Mg}^{++}$  como um cofator necessário para catalisar as reações enzimáticas. A sacarose produzida no citosol pode ser transformada em hexoses por ação da invertase. As hexoses, por sua vez, podem novamente formar sacarose.

#### **2.4 Os fosfatos no caldo da cana-de-açúcar**

Segundo Cesar et al. (1987) a composição do caldo da cana-de-açúcar é um dos fatores que afetam as diversas operações unitárias de um processo industrial, em especial a purificação do caldo e, no caso da destilaria, a fermentação alcoólica.

O fósforo é encontrado no caldo de cana-de-açúcar na forma mineral e orgânica. A maior parte desse elemento encontra-se na forma solúvel (Delgado & Cesar, 1977). Os compostos fosfatados possuem substancial importância no processo de fabricação de açúcar (Honig, 1969), principalmente na clarificação do caldo precipitando impurezas (Korndorfer, 2003).

No processo de clarificação o fósforo livre reage com a cal  $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$  formando fosfato tricálcico  $[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2]$ , o qual, ao flocular e sedimentar, realiza o arraste das impurezas, que se depositam no fundo do decantador (Korndorfer, 1990).

Os teores de fosfato no caldo podem variar de 200 a 1000 mg de  $\text{P}_2\text{O}_5$  por litro de caldo (Honig, 1969). Delgado & Cesar (1984) relatam uma variação de 70 a 800 mg de  $\text{P}_2\text{O}_5$  por litro de caldo. Segundo Honig (1969) teores de fosfato ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) menores que  $150 \text{ mg.L}^{-1}$  são considerados baixos, teores entre 150 e  $500 \text{ mg.L}^{-1}$  são considerados normais e teores maiores que  $500 \text{ mg.L}^{-1}$  são considerados altos. Korndorfer (2003) afirma que quanto maior o teor de fósforo extraível do solo, maior a quantidade de fosfato no caldo da cana-de-açúcar.

Segundo Meade (1963), Honig (1969), Delgado et al. (1973) e Delgado & Cesar (1977) o teor necessário de fosfato ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) no caldo para uma boa clarificação é de 300 a  $350 \text{ mg.L}^{-1}$ , sendo recomendado a adição do mesmo sempre que valores inferiores a estes forem encontrados.

Do fósforo contido no colmo da cana-de-açúcar, 95% se apresenta como solúvel e, portanto, passível de ser extraído por uma moenda de laboratório. As quantidades de fósforo total e inorgânico residuais no bagaço são proporcionais à do açúcar não extraído, o qual representa apenas de 2 a 4% do açúcar total da cana. Pode-se então restringir à análise do fósforo somente ao caldo extraído pela moenda (Honig, 1960).

Os fosfatos orgânicos podem ser divididos nos seguintes grupos: fosfatos de inositol (ácido fítico), fosfatos de hexoses, nucleotídios (compostos complexos de ácido fosfórico com carboidratos e bases purínicas ou pirimidínicas), fosfo-proteínas (ácido fosfórico combinado com hidroxiaminoácidos) e fosfolípídeos. Durante o tratamento do caldo os fosfatos orgânicos tendem a se decompor, transformando-se em fosfatos inorgânicos (Malavolta & Haag, 1964 e Honig, 1969).

A forma orgânica do fósforo ocorre numa quantidade de cerca de 10% do fósforo total (Korndorfer, 1990). O nível de fósforo orgânico no caldo é, principalmente, função do grau de maturação da cana-de-açúcar, ou seja, quando a cana-de-açúcar está em estágio de crescimento fisiológico, o teor de fósforo orgânico é mais alto, chegando a  $60-70\text{mg.L}^{-1}$ , e quando em estágio de maturação, apresenta caldos com um teor de fósforo orgânico na faixa de  $25-45\text{mg.L}^{-1}$  (Honig, 1960).

De acordo com Amorim (1985) o fósforo (P) absorvido pela levedura tem sua principal função relacionada com a transferência de energia na célula de levedura. Este elemento é considerado indispensável à absorção do carboidrato e a sua posterior conversão em etanol. Para uma fermentação eficiente, isto é, rápida e com alto rendimento em transformações dos açúcares redutores totais em álcool, é necessário que o mosto destinado à fermentação possua uma concentração de fósforo na faixa de 50 a 100 ppm.

## **2.5 Os antinutricionais**

Os antinutricionais são substâncias sintetizadas pelos vegetais como processo metabólico normal. Agem por diferentes mecanismos, tais como, inativação de nutrientes e diminuição da digestibilidade ou utilização metabólica do alimento, podendo provocar diminuição na eficiência da dieta. Não são designados como antinutricionais os aditivos químicos que também podem inativar ou destruir nutrientes, os compostos tóxicos resultantes de processos metabólicos, os resíduos de agrotóxicos e as micotoxinas (Sgarbieri, 1987).

Os antinutricionais podem ser classificados com base no tipo de nutriente que eles afetam, como também pelo tipo de resposta biológica produzida. Segundo Chubb (1982) existem três grupos:

- 1) Substâncias que prejudicam a digestibilidade ou a utilização metabólica das proteínas. São os inibidores de enzimas digestivas, as lectinas (hemaglutininas), as saponinas e os compostos fenólicos;
- 2) Substâncias que reduzem ou interferem na solubilidade e utilização de elementos minerais: ácido fítico, ácido oxálico, glicosinolatos e gossipol, por exemplo;
- 3) Substâncias que inativam ou aumentam os requerimentos de certas vitaminas. São as antivitaminas lipossolúveis A, D, E e K e antivitaminas hidrossolúveis tiamina, ácido nicotínico, piridoxina e cianocobalamina.

### 2.5.1 O ácido fítico

O ácido fítico (*myo*-inositol 1,2,3,4,5,6 hexa-diidrogênio fosfato) ou inositol hexafosfato (IP6) e os fitatos, sais de IP6 com cátions potássio, cálcio, magnésio, ferro e zinco, são as principais formas de armazenamento de fósforo em sementes (Reddy et al., 1982). O ácido fítico é um composto orgânico encontrado naturalmente em plantas, sementes, raízes e tubérculos em concentrações que variam de 2,5 a 50 mg.g<sup>-1</sup> (Harland & Oberleas, 1986).

O ácido fítico é sintetizado a partir de um álcool cíclico (*myo*-inositol) por esterificação dos grupos hidroxilas com grupos fosfatos. Nove estereoisômeros de inositol são conhecidos: *cis*, *epi*, *alo*, *neo*, *myo*, *muco*, 1L-*chiro*, 1D-*chiro* e *scilo*-inositol, porém apenas sete são encontrados na forma livre ou conjugada na natureza, e apenas a forma *myo* tem sido encontrada em tecidos vegetais (Raboy, 1990 e Loewus & Murthy, 2000). Segundo Erdman (1979) a estrutura molecular do ácido fítico pode ser caracterizada como apresentado na Figura 1.

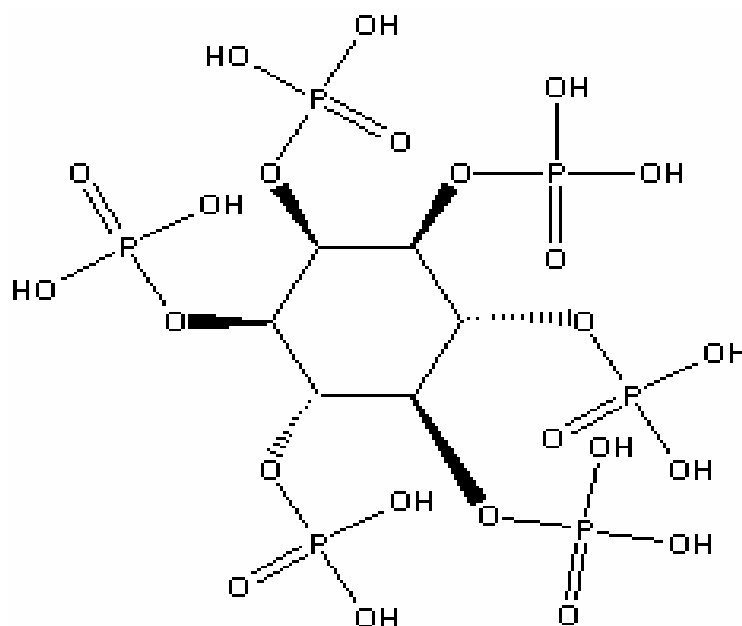


Figura 1 - Estrutura molecular do ácido fítico segundo Erdman (1979)

Os fitatos podem alterar as propriedades funcionais e nutricionais dos alimentos, formando complexos insolúveis e indigeríveis com íons metálicos (Cheryan, 1980). Isso ocorre através da interação dos grupos fosfato com proteínas, minerais e amido, levando a alterações na funcionalidade, solubilidade, digestibilidade e absorção desses nutrientes (Reddy et al., 1982). Particularmente o cobre e o zinco podem se tornar limitantes ou deficientes nas dietas devido a essa complexação. Contudo, freqüentemente o ácido fítico aparece associado a proteínas, principalmente quando estas são isoladas por precipitação no ponto isoelétrico (Sgarbieri, 1987).

Os fitatos têm algumas funções fisiológicas importantes, incluindo o armazenamento de fósforo e cátions, que fornecem matéria-prima para a formação das paredes celulares, após a germinação da semente. Além disso, o ácido fítico protege a semente contra o dano oxidativo durante a sua armazenagem. Também funciona como um estoque de energia (ATP) e iniciador de dormência. A formação do ácido fítico durante a maturação da semente previne o acúmulo excessivo de fosfato inorgânico (Lolas & Markakis, 1975; Erdman, 1979; Maga, 1982 e Graf, 1983).

Segundo Campbell et al. (1991) o ácido fítico pode ser considerado a principal forma de armazenamento de fósforo em grãos, localizando-se na camada de aleurona de grãos como o arroz e o trigo, no germe do milho ou no endosperma das dicotiledôneas, podendo representar de 60 a 90% do fósforo total da semente. Ainda, cerca de 1,0 a 2,7% da massa de material seco da semente pode ser composta de sais de ácido fítico.

Segundo Reddy et al. (1982) os cereais apresentam teores de ácido fítico entre 0,14 e 2,20% e as leguminosas entre 0,20 e 9,20%. Porém, o teor de fitato em relação ao fosfato total varia em função de cada espécie ou variedade, por exemplo, para a lentilha, uma leguminosa, esses teores variam de 27 a 87%, e para a soja entre 50 e 70%. O ácido fítico tem capacidade de formar complexos com cátions e proteínas multivalentes de forte ligação. A maioria dos complexos formados pelo ácido fítico e um metal são insolúveis em pH fisiológico e, conseqüentemente, tornam-se biologicamente inaproveitáveis para monogástricos.

Analisando 50 variedades de feijão, Lolas & Markakis (1975) observaram que os teores de ácido fítico representaram de 54 a 82% do conteúdo de fosfato total nos grãos. Os teores de ácido fítico ficaram entre 0,54 e 1,58%, os de fosfato total entre 0,26 e 0,56%, os de fosfato inorgânico entre 0,021 e 0,044% e os de fosfato orgânico, excluindo ácido fítico, entre 0,05 e 0,135%. É importante salientar que essas variações encontradas nos teores de

fosfatos e fitatos são função do genótipo, variação das condições ambientais, fertilizantes, armazenamento e métodos de análise.

Estudos com milho mostram que os fitatos estão presentes somente nas sementes, e não nas folhas, colmo ou sabugo. Mais precisamente os fitatos se localizam no germe, constituindo até 6% deste em base seca. Cerca de 60-80% do fósforo contido nos grãos se encontram ligados ao *myo*-inositol na forma de fitato, localizando-se nas camadas externas dos grãos (camada de aleurona) e no germe (Sgarbieri, 1987).

Santos (1998), trabalhando com diversas variedades de feijão submetidas a diferentes tratamentos com soluções nutritivas, observou uma relação inversa entre o fósforo absorvido pela planta e o fósforo armazenado nos grãos na forma de fitato, ou seja, mesmo com altos teores de fósforo na parte aérea e raízes, não ocorreu maior acúmulo de fitatos nos grãos.

Segundo Cúneo et al. (2000) o teor de ácido fítico encontrado naturalmente no grão de arroz integral corresponde ao observado no farelo industrial estabilizado e é da ordem de  $7,53 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ . Sendo assim, foi observado que nos processos de estabilização e desengorduramento do farelo, ocorrem poucas alterações no ácido fítico do grão de arroz do ponto de vista qualitativo e quantitativo.

Anjum et al. (2002) observaram que os teores de ácido fítico encontrados no farelo proveniente de seis variedades de trigo variaram de 4,24 a 6,12% em relação ao peso seco, enquanto que na farinha integral variaram de 1,23 a 2,23% em relação ao peso seco.

O processo de germinação diminui a quantidade de antinutricionais como inibidores de tripsina, quimiotripsina, alfa-amilase e ácido fítico (Sathe et al., 1983). A ação do calor destrói totalmente ou parcialmente a ação tóxica de algumas substâncias antinutricionais. A cocção de alimentos protéicos ajuda a diminuir a quantidade de antinutricionais (Rege et al., 1986).

Segundo Chytra et al. (1996) o processo de germinação reduziu 60% do teor de ácido fítico em sementes de grão-de-bico e feijão guandú, enquanto

que em feijão “mungo”, feijão “urd” e soja a redução foi de 40%. O processo de autoclavagem e torrefação foi mais efetivo na redução do ácido fítico em grão-de-bico e feijão guandú que em feijão “mungo”, feijão “urd” e soja.

Ribeiro (1999) afirma que no período de 72 horas de germinação, os teores de ácido fítico nas cultivares de soja BR-13 e Paraná diminuíram 15,9% e 9,4% respectivamente. Enquanto que os teores de P total aumentaram 8,5% na cultivar BR-13 em 72 horas de germinação, e 3,6% na cultivar Paraná em 30 horas de germinação. Segundo Miranda (1994) existem variações de níveis de fitatos em diferentes variedades de soja, mesmo quando cultivadas em solos e condições técnicas iguais.

Honig (1969) determinando a concentração de ácido fítico no caldo de cana-de-açúcar obteve resultados negativos. Saska (1996) relata a possibilidade de extração de inositol a partir de melaço de cana-de-açúcar. Martins et al. (2002) relatam que os teores de ácido fítico encontrados no caldo de cana-de-açúcar são semelhantes aos encontrados nos cereais.

Turk et al. (2000) observaram que leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*) crescem bem em meios sintéticos contendo IP6 (inositol hexafosfato) e que após 24 horas todo IP6 já havia sido degradado pelas mesmas. Em meios sintéticos contendo fosfato inorgânico ao invés de IP6, também foi observado um bom crescimento da levedura. Portanto, a levedura apresentou um metabolismo capaz de se adaptar a diferentes fontes ou formas de fornecimento de fósforo.

O ácido fítico é um ácido forte que pode formar sais (complexos) com diversos metais pesados. O pH do meio exerce influência sobre a formação de sais com diferentes tipos de íons metálicos. Fitatos de zinco e cobre apresentam baixa solubilidade entre pH 4,0 e 7,0; os fitatos de cálcio, magnésio e bário se formam mais facilmente em condições ligeiramente alcalinas. Em pH 7,4 o ácido fítico forma complexos metálicos de acordo com a seguinte ordem decrescente de reatividade:  $\text{Cu}^{++}$ ,  $\text{Zn}^{++}$ ,  $\text{Co}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Fe}^{++}$  e  $\text{Ca}^{++}$ . Deve-se destacar o efeito sinérgico exercido por dois ou mais cátions, que em presença

um do outro estimulam a formação de maior quantidade de complexo com cada um dos íons. Isto foi constatado para Zn e Ca e também para Cu e Ca. Em pH 6,0 a recuperação de Ca e Zn na forma de complexo insolúvel foi de 63% e 84% quando a relação molar Ca/Zn/fitato foi de 1:1:1, e aumentou para 67% e 94%, respectivamente, na relação molar 2:1:1. Em pH 6,0 observa-se máxima precipitação de fitatos de Zn ou de fitato de Zn e Ca, sendo este também o pH do duodeno, onde ocorre a maior parte da absorção destes cátions divalentes. Menores quantidades de fitato de Ca e Cu precipitam a esse pH (Sgarbieri, 1987).

As fitases são fosfomonoesterases capazes de hidrolisar os fitatos a fosfato inorgânico e inositol fosfatos (IP5, IP4, IP3, IP2, IP1). Conseqüentemente as fitases têm potencial para liberar cátions ou quebrar ligações do ácido fítico com minerais, fósforo e aminoácidos. A atividade da fitase tem sido observada em um grande número de organismos, como plantas, microrganismos e certos animais (Turk et al., 2000). Segundo Raboy et al. (1991) e Reddy et al. (1982) a fitase não está presente em humanos e em animais monogástricos, sendo excretada a maior parte dos fosfatos ingeridos na alimentação sem que estes sejam absorvidos.

Em contraste a suas propriedades antinutricionais, o ácido fítico também apresenta propriedades benéficas, tais como efeitos antioxidantes e anticarcinogênicos. Surpreendentemente, isto também é decorrente de suas propriedades ferro-quelantes, mas neste caso o ácido fítico se quela ao ferro livre em excesso, o qual é capaz de gerar radicais livres (espécies reativas de oxigênio). Os radicais livres são considerados os iniciadores de doenças degenerativas relevantes, tais como doenças cardiovasculares e câncer. Por meio de sua ligação ao ferro no trato gastrointestinal, o fitato pode prevenir a possível formação de radicais livres no cólon e pode evitar a utilização excessiva de ferro por homens e mulheres pós-menopausa, os quais necessitam de menor quantidade de ferro (Urbano et al., 2000).

O fósforo disponível no solo e as características genéticas da planta são fatores que influenciam a absorção de fósforo (Raboy & Dickinson, 1984). As plantas podem secretar fosfatases para o solo através das raízes, as quais têm a função de hidrolisar o fósforo orgânico para a forma inorgânica, a qual pode ser absorvida. As fosfatases também estão presentes nos tecidos das plantas e associadas à remobilização de fósforo na planta (Duff et al., 1994). Uma das maneiras de prevenir o acúmulo de fósforo inorgânico é a conversão deste para compostos orgânicos. Assim, o acúmulo de fitatos nas sementes pode ser somente uma forma de regulação de fósforo inorgânico em excesso (Raboy et al., 1985).

Segundo Loewus & Murthy (2000) os precursores da síntese de ácido fítico são a glicose-6-fosfato e/ou o *myo*-inositol, pois ambos podem gerar *myo*-inosito-1-P através das enzimas *myo*-inositol-1P-sintase e *myo*-inositol quinase. A partir do *myo*-inositol-1-P o processo de fosforilação é continuado sucessivamente até a formação do *myo*-inositol-6-P. A via metabólica da biossíntese do IP6 é explicada por Biswas et al. (1978) pela fosforilação sucessiva da molécula de *myo*-inositol na ausência de intermediários parcialmente fosforilados estáveis. Brearley & Hanke (1996) também propõem fosforilações sucessivas, porém com presença de intermediários estáveis. E Majerus et al. (1988) propõem a presença de fosfoinosítídeos como intermediários. Souza (2003) afirma a existência de fosfatos de inositol menores (IP3 ao IP5) em diferentes estágios de desenvolvimento de grãos de feijoeiro. Assim, não existe um consenso a respeito de qual via explica o caminho da síntese de IP6 e muito menos a respeito de como tal processo é regulado.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Variedades de cana-de-açúcar**

O presente trabalho de pesquisa estudou as variedades SP 82-3530 (V1), SP 83-5073 (V2) e RB 83-5486 (V3) de cana-de-açúcar.

A variedade SP 82-3530 apresenta média produtividade, média brotação da cana-soca, alta exigência em fertilidade, bom perfilhamento, maturação precoce e alto teor de sacarose e fibra. Essa variedade não floresce, não isoporiza, é resistente ao carvão, à escaldadura e à ferrugem, apresenta resistência intermediária à broca e é susceptível ao amarelecimento (Arizono, 2003).

A variedade SP 83-5073 apresenta média produtividade, ótima brotação da cana-soca, alta exigência em fertilidade, bom perfilhamento, maturação precoce, alto teor de sacarose e fibra. Essa variedade apresenta florescimento raro e não isoporiza. É resistente à escaldadura, possui resistência intermediária à ferrugem, ao carvão e à broca, e é susceptível ao amarelecimento (Arizono, 2003).

A variedade RB 83-5486 apresenta boa brotação para cana-planta e soca, baixo perfilhamento para cana-planta e médio para soca, velocidade de crescimento regular, porte médio, hábito de crescimento semidecumbente, fechamento regular das entrelinhas, tombamento freqüente, alta produção agrícola, maturação média, alto teor de açúcar, médio teor de fibra, período útil de industrialização longo, floração eventual, pouco chochamento, ampla adaptabilidade, boa estabilidade, alta resistência à seca, tolerância a herbicidas,

época de corte de maio a setembro, alta densidade dos colmos e boa despalha. É resistente à escaudadura, à estria vermelha, à falsa estria vermelha, ao mosaico e ao complexo broca-podridão. É susceptível a nematóides e apresenta resistência intermediária ao carvão, à ferrugem e à podridão do abacaxi. Possui longevidade de corte, excelente resposta a maturadores e altíssima riqueza e qualidade industrial (Gheller et al, 2003).

### **3.2 Amostragem**

Para a determinação de fosfatos foram utilizados colmos de cana-soca (quinto corte) das variedades SP 82-3530, SP 83-5073 e RB 83-5486, provenientes de talhões de uma área denominada “Pombal”, pertencente ao Departamento de Produção Vegetal (LPV) da ESALQ/USP.

Para a determinação de ácido fítico foram utilizados colmos de cana-soca (quinto corte) somente da variedade SP 82-3530, também proveniente de um talhão da área denominada “Pombal” da ESALQ/USP.

O solo onde as variedades estavam plantadas é classificado como Nitossolo típico, “A” moderado muito argiloso eutrófico. O plantio das mudas foi realizado no mês de outubro de 1997 por funcionários do LPV. No local estavam instaladas 14 variedades em talhões com dimensões de 10 x 14m, que receberam como adubação de plantio uma mistura de 3kg de cloreto de potássio (KCl) + 7kg de superfosfato simples (SS), sendo aplicado 1kg da mistura para cada 10m de sulco. A cana-soca recebeu como adubação de cobertura 1kg de 20-0-20 (N-P-K) por linha.

Todos os colmos de uma touceira de cana foram coletados semanalmente. Cada touceira amostrada possuía em média oito colmos, que foram cortados o mais próximo possível do solo. Para as análises de ácido fítico os colmos foram despalhados e despontados no primeiro internódio abaixo do palmito. Para as análises de fosfato o palmito foi preservado.

### 3.3 Preparo das amostras

O preparo das amostras e as análises físico-químicas foram realizados no Laboratório de Açúcar e Álcool do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição (LAN) da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, em Piracicaba-SP.

Para a determinação de fosfatos, brix, pol e fibra, cada colmo da touceira amostrada foi dividido em três partes, sendo uma inferior, basal ou pé (3/8), uma mediana ou meio (3/8) e uma superior, apical ou ponta (2/8), como apresentado na Figura 2. As respectivas partes dos colmos de cada touceira de cana foram reunidas em amostras de pé, meio e ponta, as quais foram desfibradas separadamente em um desfibrador ARNO (Modelo At56a). Após homogeneização da cana desfibrada, de cada parte do colmo foram retiradas três sub-amostras de 500g e prensadas em prensa hidráulica CODISTIL (PINETTE EMIDCAU) a  $250 \text{ kgf/cm}^2$ , por um minuto, para extração do caldo. Da parte superior ou ponta do colmo foram retiradas apenas duas sub-amostras de cana desfibrada, devido à terceira sub-amostra não atingir a massa de 500g.

O caldo foi coletado em béqueres de plástico, homogeneizado, filtrado em algodão e imediatamente utilizado para as determinações analíticas. O bagaço (bolo úmido) resultante da prensagem foi seco em estufa FANEM (Modelo 330) a  $105^\circ\text{C}$  até peso constante.

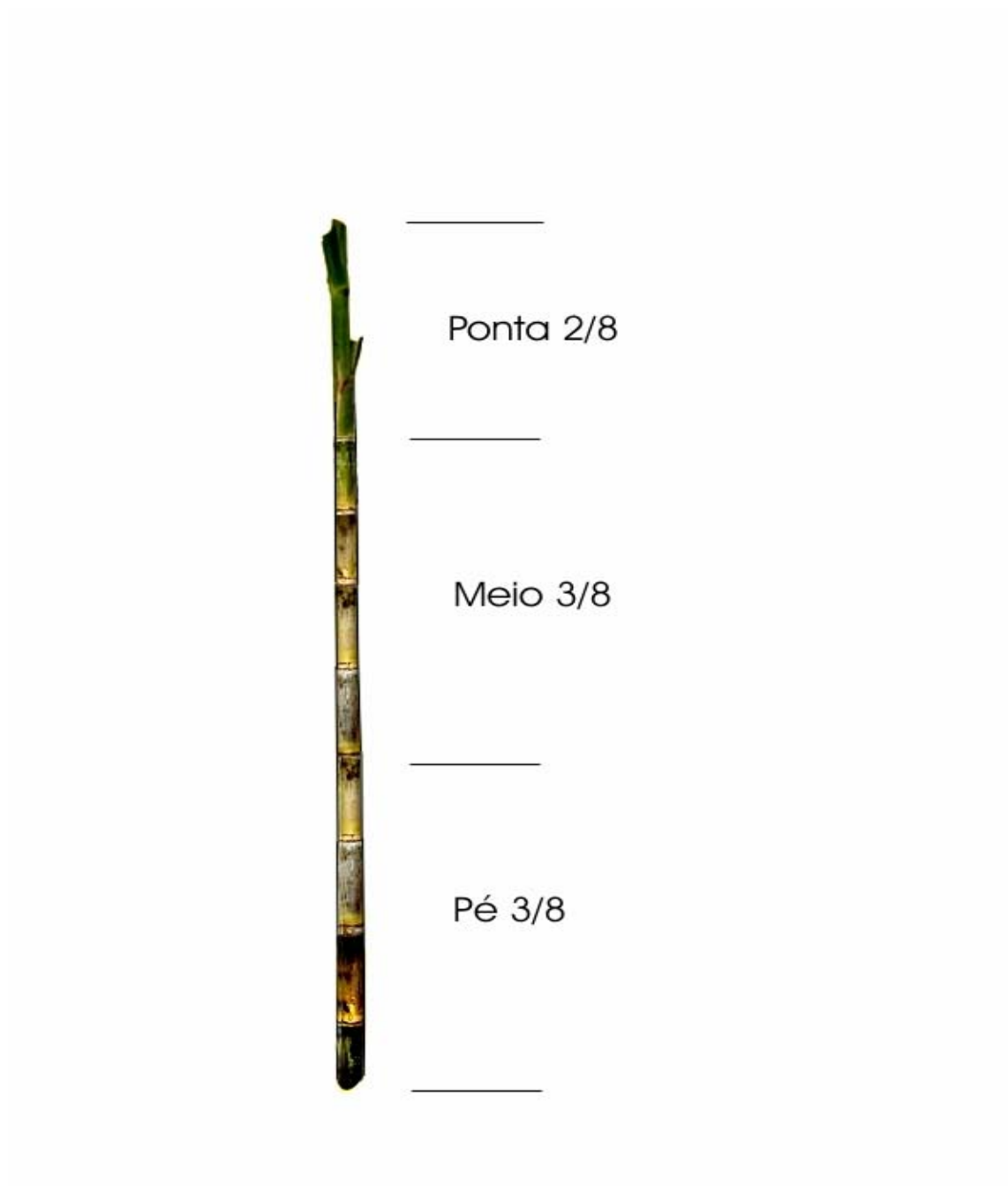


Figura 2 - Divisão do colmo de cana-de-açúcar nas partes pé, meio e ponta

Para a determinação de ácido fítico as amostras de colmos de cana foram submetidas a 3 tratamentos diferentes. No primeiro tratamento os colmos foram desfibrados integralmente e prensados conforme descrito anteriormente. O segundo tratamento buscou verificar o teor de ácido fítico na casca e na medula dos colmos de cana. Para tal, metade dos colmos da touceira de cana amostrada foi previamente descascada, sendo que a outra metade dos colmos permaneceu integral. As canas integrais, as descascadas e as cascas provenientes destas últimas foram desfibradas e prensadas separadamente conforme anteriormente descrito.

O terceiro tratamento visou determinar o teor de ácido fítico dos nós e dos internódios com e sem casca dos colmos de cana. Para tal, metade dos colmos da touceira de cana amostrada teve sua casca retirada e a outra permaneceu integral. Em seguida, os colmos foram segmentados para separar os nós e os internódios. Nós e internódios integrais e sem casca, bem como as cascas provenientes dos nós e internódios descascados, foram agrupados entre si, desfibrados e prensados separadamente conforme descrito anteriormente.

### **3.4. Determinações analíticas**

#### **3.4.1 Fosfatos**

O fosfato inorgânico foi determinado através do método colorimétrico do molibdato de amônio, descrito por Gomori (1942). O fosfato total foi determinado pelo mesmo método com prévia digestão nitro-perclórica das amostras. O fosfato orgânico foi determinado indiretamente pela diferença entre o fosfato total e o fosfato inorgânico. Foi utilizado o espectrofotômetro COLEMAN Junior II (Modelo 6/20) para leitura das densidades ópticas.

Segundo Honig (1969) na determinação colorimétrica do fosfato inorgânico pela redução do fosfomolibdato, um agente redutor inorgânico ( $\text{SnCl}_2$ ) ou orgânico (hidroquinona ou etanol) forma o complexo fosfato-molibdato e o reduz em pH aproximadamente igual a 1,0. Neste pH alguns fosfatos de hexoses se hidrolisam e são determinados como fosfato inorgânico, enquanto que no caldo estariam presentes na forma de fosfato orgânico.

Nos laboratórios das usinas sucroalcooleiras em geral, é comum a determinação do fosfato inorgânico pelo método utilizado neste trabalho por ser simples, rápido e devido ao fosfato inorgânico representar mais de 90% do fosfato total.

#### **3.4.2 Brix refratométrico**

O brix do caldo extraído, ou seja, a porcentagem em massa de sólidos em solução, foi determinado em refratômetro eletrônico ATAGO (Modelo PR-101), segundo metodologia descrita por Caldas (1998).

#### **3.4.3 Pol**

A pol, ou seja, a concentração de sacarose aparente no caldo expressa em porcentagem em massa, foi determinada em sacarímetro automático digital SUGARMATIC II, segundo metodologia descrita por Caldas (1998).

#### **3.4.4 Fibra**

A fibra da cana-de-açúcar foi determinada através da massa de bagaço (bolo úmido) resultante da prensagem das amostras de cana. O bagaço foi recolhido em cesto de tela, pesado, desmanchado e seco em estufa FANEM (Modelo 330) a 105°C até peso constante. O teor de fibra foi calculado através do método de Tanimoto, descrito em Caldas (1998).

As determinações de fosfatos, brix, pol e fibra contaram com cinco repetições para cada variedade de cana-de-açúcar analisada.

#### **3.4.5 Ácido fítico**

A determinação de ácido fítico nos caldos e bagaços foi realizada segundo a metodologia descrita por Thompson & Erdman (1982). Este método é um procedimento indireto de determinação do ácido fítico, baseado na formação de um composto ferro-ácido-sulfossalicílico de coloração rosa escuro. Na presença do ácido fítico o ferro desloca-se para reagir com este composto, reduzindo a intensidade da coloração. Este método não é seletivo para diferentes compostos de inositol fosfato ou para compostos com diferentes graus de fosforilação, mas é comumente utilizado para determinações em cereais.

A determinação de ácido fítico foi realizada em triplicata para cada um dos tratamentos efetuados nas amostras.

### **3.5 Cálculos tecnológicos**

A partir dos resultados analíticos obtidos e segundo os procedimentos descritos em Copersucar (1987), foram calculados a pureza aparente do caldo,

a pol%cana e o brix%cana das amostras de cana-de-açúcar. Os valores de fosfato total%cana, fosfato inorgânico%cana e fosfato orgânico%cana foram calculados a partir dos resultados obtidos no caldo, utilizando a expressão que calcula a pol%cana.

### 3.6 Análise estatística

O delineamento experimental para a determinação de fosfatos foi em blocos, com parcelas subdivididas com cinco repetições por tratamento. A análise dos dados foi realizada através do software UNISTAT 5.0 utilizando um modelo linear.

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \alpha\beta_{ij} + \alpha\gamma_{ik} + \beta\gamma_{jk} + \alpha\beta\gamma_{ijk} + e_{ijkl}$$

Onde:

$i = 1, 2, 3$  variedades;

$j = 1, 2, 3$  partes;

$k = 1, 2, 3$  fosfatos;

$\mu$  = constante inerente a cada observação;

$\alpha_i$  = efeito da variedade  $i$ ;

$\beta_j$  = efeito da parte  $j$ ;

$\gamma_k$  = efeito do fosfato  $k$ ;

$\alpha\beta_{ij}$  = efeito da interação entre a  $i$ -ésima variedade e a  $j$ -ésima parte;

$\alpha\gamma_{ik}$  = efeito da interação entre a  $i$ -ésima variedade e o  $k$ -ésimo fosfato;

$\beta\gamma_{jk}$  = efeito da interação entre a  $j$ -ésima parte e o  $k$ -ésimo fosfato;

$\alpha\beta\gamma_{ijk}$  = efeito da interação entre a  $i$ -ésima variedade,  $j$ -ésima parte e o  $k$ -ésimo fosfato;

$e_{ijkl}$  = erro aleatório atribuído à observação  $Y_{ijkl}$ , tal que  $e_{ijkl} \sim N(0; \sigma^2)$ .

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Análises tecnológicas da cana-de-açúcar**

As análises tecnológicas da variedade SP 82-3530 (V1) foram realizadas nos meses de julho e agosto, da variedade SP 83-5073 (V2) nos meses de agosto e setembro e da variedade RB 83-5486 (V3) nos meses de setembro e outubro do ano de 2003. Seus resultados são apresentados nas Figuras 3 a 15.

#### **4.1.1 Fibra**

A média dos teores de fibra das variedades V1, V2 e V3 de cana-de-açúcar, juntamente com seu desvio padrão, é apresentada na Figura 3. Nos apêndices, Tabelas 3, 4 e 5, são apresentados os teores médios de fibra para cada repetição.

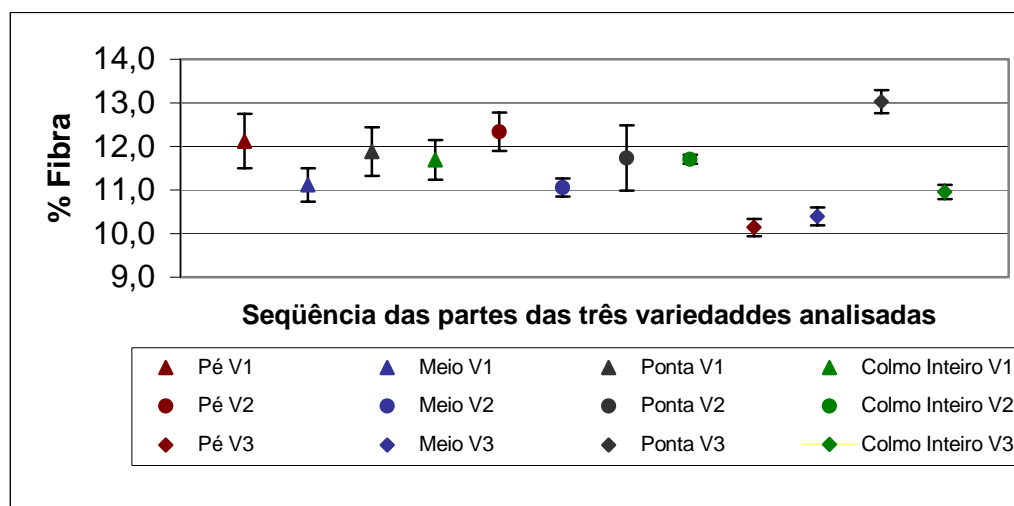


Figura 3 - Média e desvio padrão da média dos teores de fibra das três variedades de cana-de-açúcar analisadas

Na Figura 3 fica evidente que as variedades V1 e V2 se comportaram de maneira semelhante, com relação aos teores de fibra nas regiões do colmo, enquanto que a V3 foi diferente destas duas. Os resultados mostram que as três variedades analisadas apresentaram teores de fibra abaixo da média de 13% citada por Delgado & Cesar (1977), variando de 10,8 a 12,3% no o colmo inteiro. Tal fato pode ser decorrente das condições particulares do tipo de solo onde estavam localizados os talhões da cultura.

A média de 13% citada por Delgado & Cesar (1977) se refere a condições industriais de amostragem, realizadas com sondas hidráulicas diretamente nos caminhões, contendo impurezas minerais. Enquanto que nos ensaios de laboratório os teores de fibra podem ser reduzidos porque os colmos da cana-de-açúcar são totalmente limpos, isentos de impurezas minerais.

A área onde os talhões da cultura estavam localizados possui um solo bastante argiloso, fato que pode contribuir para a diminuição do teor de fibra de

uma variedade de cana-de-açúcar, devido à sua alta capacidade de retenção de água. Considerando o colmo inteiro, a variedade V3 apresentou um teor de 11,0% de fibra, que é 5,9% menor que os teores de 11,7% apresentados pelas outras duas variedades, o que pode ser decorrente de uma característica varietal em terras de alta fertilidade.

A variedade V1 apresentou um teor de fibra de 11,1% na região mediana do colmo, teor este que é 8,2% menor que o teor de 12,1% apresentado pela região basal e 6,7% menor que o teor de 11,9% apresentado pela região apical. A variedade V2 apresentou um teor de fibra de 11,0% na região mediana do colmo, teor este que é 10,5% menor que o teor de 12,3% apresentado pela região basal e 5,9% menor que o teor de 11,7% apresentado pela região apical. A variedade V3 apresentou um teor de fibra de 10,1% na região basal do colmo, teor este que é 2,8% menor que o teor de 10,4% apresentado pela região mediana e 22,3% menor que o teor de 13,0% apresentado pela região apical. Assim, as variedades V1 e V2 podem estar menos sujeitas a problemas de acamamento no campo que a variedade V3, pois esta última possui os teores mais baixos de fibra na região basal do colmo.

#### **4.1.2 Sólidos solúveis**

As médias dos teores de sólidos solúveis no caldo e na cana, expressos em °Brix, das variedades V1, V2 e V3 de cana-de-açúcar, juntamente com seus desvios padrão, são apresentadas respectivamente nas Figuras 4 e 5. Nos apêndices, Tabelas 3, 4 e 5, são apresentados os teores médios de sólidos solúveis para cada repetição.

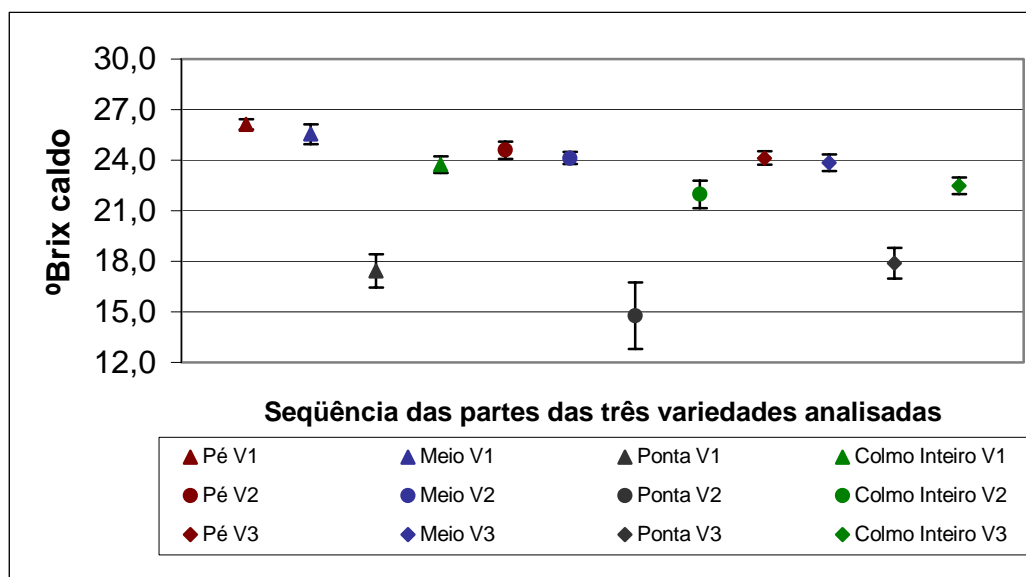


Figura 4 - Média e desvio padrão da média dos teores de sólidos solúveis no caldo das três variedades de cana-de-açúcar analisadas

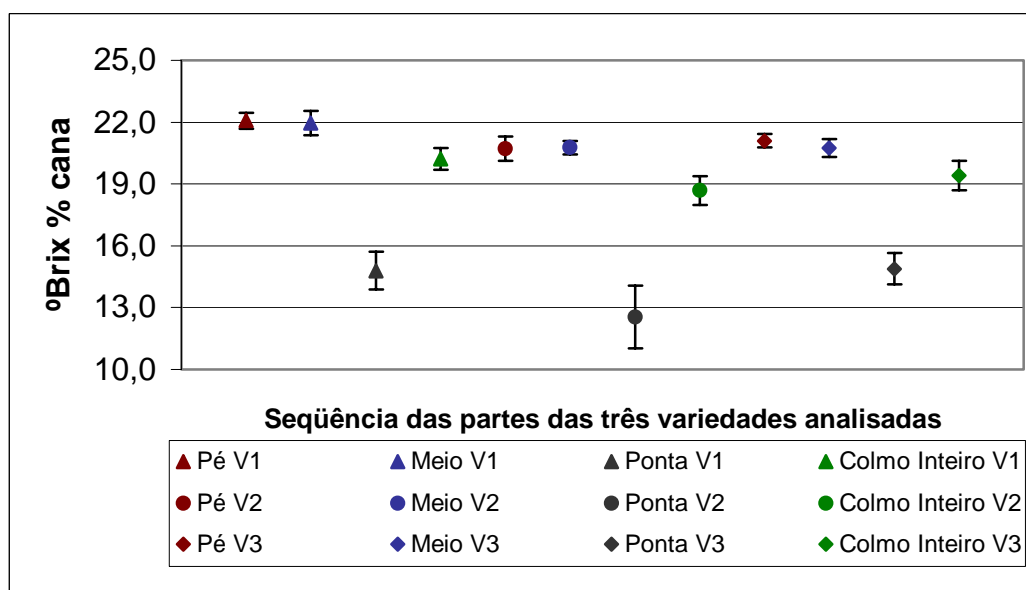


Figura 5 - Média e desvio padrão da média dos teores de sólidos solúveis na cana das três variedades de cana-de-açúcar analisadas

Nas Figuras 4 e 5 pode ser observada uma semelhança no comportamento dos teores de sólidos solúveis para as três variedades de cana-de-açúcar analisadas. Os resultados mostram que as três variedades apresentaram teores de sólidos solúveis no caldo aproximadamente 15% acima dos teores médios apresentados por Serra (1973), variando de 21,5 a 24,1 °Brix no colmo inteiro. Tal fato pode ser decorrente do melhoramento genético das variedades ao longo dos anos.

Considerando o teor de sólidos solúveis no caldo do colmo inteiro das três variedades, a variedade V1 apresentou um teor de 23,7 °Brix, que é 7,7% maior que o teor de 22,0 °Brix apresentado pela variedade V2 e 5,3% maior que o teor de 22,5 °Brix apresentado pela variedade V3. Para o teor de sólidos solúveis na cana, a variedade V1 apresentou um teor de 20,2 °Brix, que é 8,0% maior que o teor de 18,7 °Brix apresentado pela variedade V2 e 4,1% maior que o teor de 19,4 °Brix apresentado pela variedade V3. A variedade V2 foi a que apresentou o menor teor de sólidos solúveis.

O caldo da variedade V1 apresentou um teor de 26,1 °Brix na região basal do colmo, teor este que é 2,3% maior que o teor de 25,5 °Brix apresentado pela região mediana e 50,0% maior que o teor de 17,4 °Brix apresentado pela região apical. O caldo da variedade V2 apresentou um teor de 24,6 °Brix na região basal do colmo, teor este que é 2,0% maior que o teor de 24,1 °Brix apresentado pela região mediana e 67,3% maior que o teor de 14,7 °Brix apresentado pela região apical. O caldo da variedade V3 apresentou um teor de 24,1 °Brix na região basal do colmo, teor este que é 1,2% maior que o teor de 23,8 °Brix apresentado pela região mediana e 34,6% maior que o teor de 17,9 °Brix apresentado pela região apical.

Para o teor de sólidos solúveis na cana, a variedade V1 apresentou um teor de 22,1 °Brix na região basal do colmo, teor este que é 0,5% maior que o teor de 22,0 °Brix apresentado pela região mediana e 49,3% maior que o teor de 14,8 °Brix apresentado pela região apical. A variedade V2 apresentou um teor de 20,7 °Brix na região basal do colmo, teor este que é 0,5% menor que o

teor de 20,8 °Brix apresentado pela região mediana e 65,5% maior que o teor de 12,5 °Brix apresentado pela região apical. A variedade V3 apresentou um teor de 21,1 °Brix na região basal do colmo, teor este que é 1,9% maior que o teor de 20,7 °Brix apresentado pela região mediana e 41,6% maior que o teor de 14,9 °Brix apresentado pela região apical.

Considerando as regiões do colmo estudadas, foi observado um decréscimo nos teores de sólidos solúveis, tanto do caldo como da cana, da região basal para a apical do colmo, para as três variedades, como observado por Paranhos (1987). Esse decréscimo foi mais acentuado da região mediana para a apical, mostrando que as variedades analisadas não estavam completamente maduras, estágio em que, segundo Machado (1987), estes teores tendem a se equilibrar ao longo do colmo.

#### **4.1.3 Pol**

As médias dos teores da pol no caldo e na cana das variedades V1, V2 e V3 de cana-de-açúcar, juntamente com seus desvios padrão, são apresentadas respectivamente nas Figuras 6 e 7. Nos apêndices, Tabelas 3, 4 e 5, são apresentados os teores médios da pol para cada repetição.

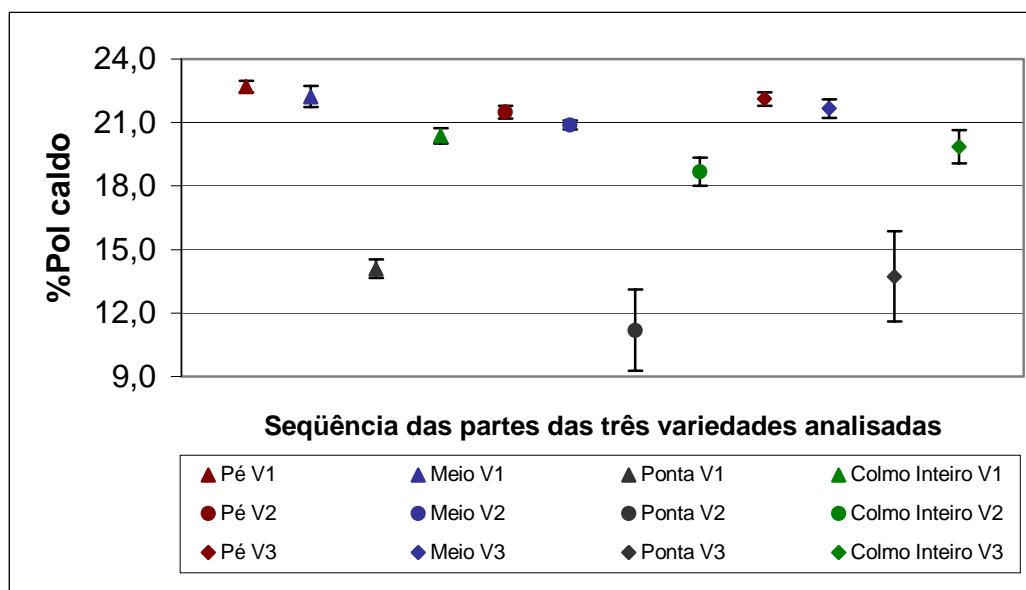


Figura 6 - Média e desvio padrão da média dos teores da pol no caldo das três variedades de cana-de-açúcar analisadas

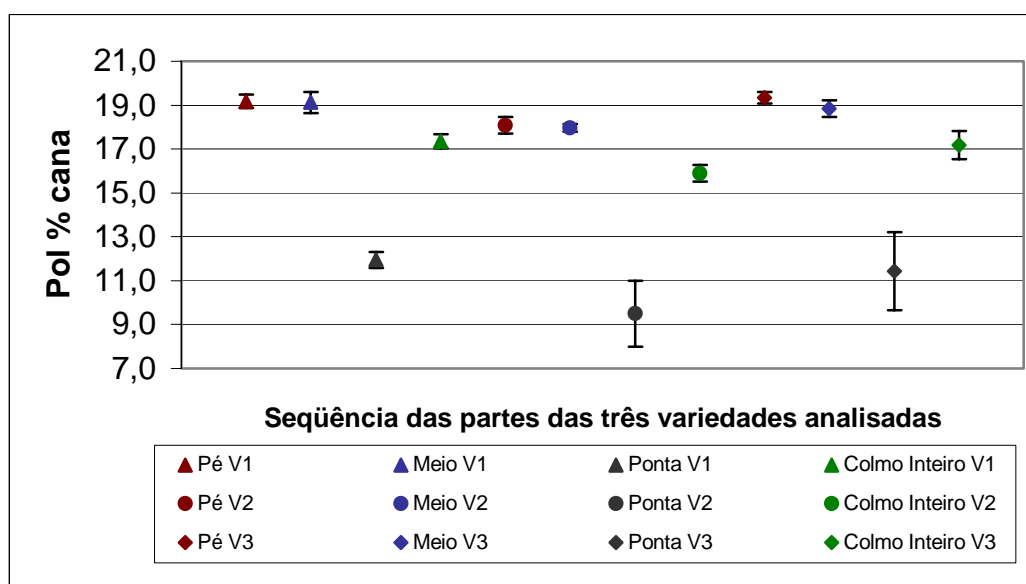


Figura 7 - Média e desvio padrão da média dos teores da pol na cana das três variedades de cana-de-açúcar analisadas

Nas Figuras 6 e 7 pode ser observada uma semelhança também no comportamento dos teores da pol para as três variedades de cana-de-açúcar analisadas. Os resultados mostram que as três variedades apresentaram teores de pol no caldo aproximadamente 17% acima dos teores médios apresentados por Serra (1973), variando de 18,7 a 20,4% no o colmo inteiro.

Considerando a pol no caldo do colmo inteiro das três variedades, a variedade V1 apresentou um teor de 20,4%, que é 9,1% maior que o teor de 18,7% apresentado pela variedade V2 e 3,0% maior que o teor de 19,8% apresentado pela variedade V3. Para a pol na cana, a variedade V1 apresentou um teor de 17,4%, que é 9,4% maior que o teor de 15,9% apresentado pela variedade V2 e 1,1% maior que o teor de 17,2% apresentado pela variedade V3. Como observado para os teores de sólidos solúveis, a variedade V2 também foi a que apresentou a menor pol dentre as variedades estudadas. Isso está coerente, pois a pol representa uma fração, a principal, do componente sólidos solúveis.

O caldo da variedade V1 apresentou uma pol de 22,7% na região basal do colmo, teor este que é 2,3% maior que o teor de 22,2% apresentado pela região mediana e 62,1% maior que o teor de 14,0% apresentado pela região apical. O caldo da variedade V2 apresentou uma pol de 21,5% na região basal do colmo, teor este que é 2,9% maior que o teor de 20,9% apresentado pela região mediana e 91,9% maior que o teor de 11,9% apresentado pela região apical. O caldo da variedade V3 apresentou uma pol de 22,1% na região basal do colmo, teor este que é 2,3% maior que o teor de 21,6% apresentado pela região mediana e 61,3% maior do que o teor de 13,7% apresentado pela região apical.

Para a pol na cana, a variedade V1 apresentou um teor de 19,2% na região basal do colmo, teor este que é 0,5% maior que o teor de 19,1% apresentado pela região mediana e 60,0% maior que o teor de 12,0% apresentado pela região apical. A variedade V2 apresentou um teor de 18,1% na região basal do colmo, teor este que é 0,5% maior que o teor de 18,0%

apresentado pela região mediana e 90,5% maior que o teor de 9,5% apresentado pela região apical. A variedade V3 apresentou um teor de 19,3% na região basal do colmo, teor este que é 2,6% maior que o teor de 18,8% apresentado pela região mediana e 69,2% maior que o teor de 11,4% apresentado pela região apical.

As regiões basal e mediana apresentaram teores de pol muito semelhantes, tanto para o caldo como para a cana. Já entre as regiões mediana e apical essa diferença foi bastante acentuada, como semelhantemente observado para os teores de sólidos solúveis. Considerando a afirmação de Machado (1987), mais uma vez pode ser constatado que estas variedades não estavam totalmente maduras, pois os teores da pol não estavam equilibrados ao longo do colmo, apenas nas regiões basal e mediana.

Como as variedades V1 e V2 são precoces (Arizono, 2003), deveriam estar maduras considerando a época em que elas foram colhidas, mas não estavam provavelmente devido às condições edafoclimáticas da região onde os talhões estavam localizados, pois segundo Delgado & Cesar (1977) solos argilosos podem retardar a maturação devido à sua alta capacidade de retenção de água. A variedade V3, considerada de maturação média (Gheller, 2003), também não estava totalmente madura provavelmente devido ao mesmo motivo apresentado por Delgado & César (1977).

#### **4.1.4 Pureza**

A média dos teores de pureza aparente do caldo das variedades V1, V2 e V3 de cana-de-açúcar, juntamente com seu desvio padrão, é apresentada na Figura 8. Nos apêndices, Tabelas 3, 4 e 5, são apresentados os teores médios de pureza aparente do caldo para cada repetição.

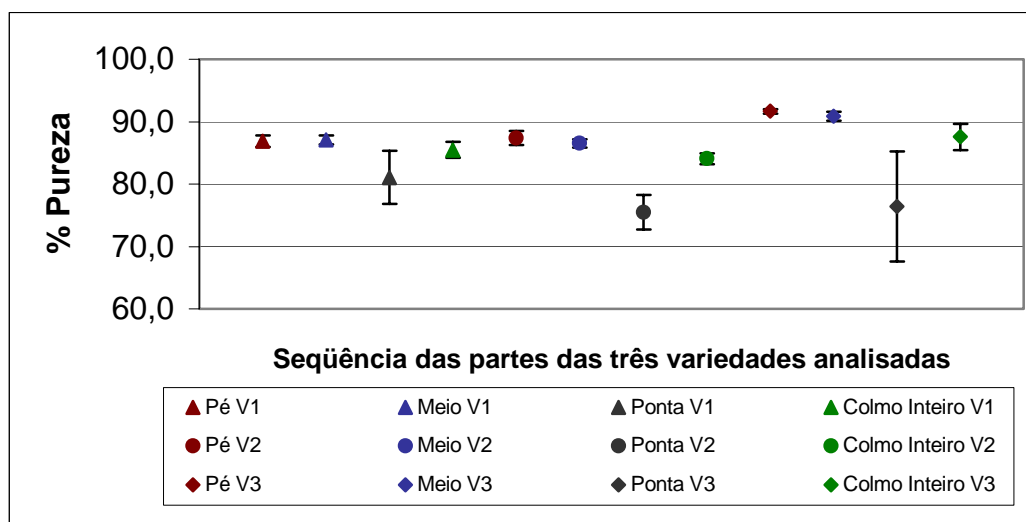


Figura 8 - Média e desvio padrão da média dos teores de pureza aparente do caldo das três variedades de cana-de-açúcar analisadas

Na Figura 8 pode ser observada uma semelhança no comportamento dos teores da pureza aparente do caldo para as três variedades de cana-de-açúcar analisadas. Os resultados mostram que as três variedades apresentaram teores de pureza aparente do caldo semelhantes aos encontrados por Serra (1973), variando de 84,0 a 87,5% no colmo inteiro.

A variedade V3 apresentou uma pureza de 87,5%, que é 2,3% maior que a pureza de 85,5% apresentada pela variedade V1 e 4,1% maior que a pureza de 84,0% apresentada pela variedade V2. A variedade V3 apresentou o maior valor de pureza (87,5%), indicando que esta variedade teoricamente possui maiores quantidades de sacarose na fração sólidos solúveis, possibilitando um maior rendimento na indústria.

Apesar da variedade V3 ter apresentando o maior teor de pureza, foi mostrado anteriormente que esta variedade não apresentou o maior teor de sólidos solúveis, nem de sacarose (pol). Os maiores valores couberam à

variedade V1, que apresentou 23,6 °Brix e 20,3% de sacarose aparente no caldo. Possivelmente isso esteja relacionado com o grau de maturação destas variedades, com a época em que elas foram colhidas e com as características genéticas específicas de cada variedade.

A variedade V1 apresentou uma pureza de 86,9% na região basal do colmo, teor este que é 0,1% menor que a pureza de 87,0% apresentada pela região mediana e 7,3% maior que a pureza de 81,0% apresentada pela região apical. A variedade V2 apresentou uma pureza de 87,3% na região basal do colmo, teor este que é 0,9% maior que a pureza de 86,5% apresentada pela região mediana e 15,6% maior que a pureza de 75,5% apresentada pela região apical. A variedade V3 apresentou uma pureza de 91,6% na região basal do colmo, teor este que é 0,9% maior que a pureza de 90,8% apresentada pela região mediana e 19,9% maior que a pureza de 76,4% apresentada pela região apical.

Com relação aos meses em que estas variedades foram colhidas foi observado que a variedade V3, colhida nos meses de setembro e outubro apresentou os maiores teores de pureza do caldo, seguida pelas variedades V1 e V2. As variedades V1 e V2 teoricamente deveriam ter apresentado os maiores teores de pureza, já que, segundo Arizono (2003), estas são variedades precoces. Talvez, alguns fatores climáticos ou algumas características do próprio solo, como mencionado anteriormente, tenham influenciado essas variedades em suas características tecnológicas, como já relatado por Melo et al. (1999).

## **4.2 Fosfatos**

A análise estatística dos teores de fosfatos no caldo é apresentada nos apêndices Figuras 31 a 47. A análise de variância mostrou que as três variedades diferiram significativamente entre si quanto aos teores de fosfatos

(total, inorgânico e orgânico). As três partes (pé, meio e ponta) também diferiram entre si quanto aos teores de fosfato. Os fosfatos total e inorgânico não diferiram entre si nas três variedades e nas três partes, enquanto que o fosfato orgânico diferiu do fosfato total e do inorgânico nas três variedades e nas três partes.

Na Tabela 1 é apresentada a comparação, através do teste de Tukey, das médias dos teores de fosfatos (total, inorgânico e orgânico) no caldo das regiões basal, mediana e apical para as variedades V1, V2 e V3 estudadas.

Tabela 1. Média dos teores de fosfatos total, inorgânico e orgânico no caldo das regiões basal, mediana e apical das variedades V1, V2 e V3, e comparação pelo teste de Tukey

Fosfatos (mg.L <sup>-1</sup> )	Variedades	Região Basal	Região Mediana	Região Apical
Total	V1	492,3(a)*	342,3(b)	228,4(c)
	V2	715,2(d)	549,8(e)	396,3(f)
	V3	1261,9(g)	892,3(h)	513,3(i)
Inorgânico	V1	464,1(a)	318,8(b)	207,5(c)
	V2	678,4(d)	518,1(e)	366,7(f)
	V3	1202,3(g)	850,2(h)	479,3(i)
Orgânico	V1	28,2(j)	23,4(k)	20,9(k)
	V2	36,7(l)	31,7(l)	29,6(l)
	V3	59,6(m)	42,1(n)	34,0(o)

\* Valores seguidos de letras iguais não apresentaram diferença estatística significativa (Tukey 5%)

### 4.2.1 Fósforo total

As médias dos teores de fósforo total no caldo, expressos em mg de  $P_2O_5$  por litro de caldo, e na cana, expressos em mg de  $P_2O_5$  por kg de cana, das variedades V1, V2 e V3 de cana-de-açúcar são apresentadas, juntamente com seus desvios padrão, respectivamente nas Figuras 9 e 10. Nos apêndices, Tabelas 6, 7 e 8, são apresentados os teores médios de fósforo total no caldo e na cana para cada repetição.

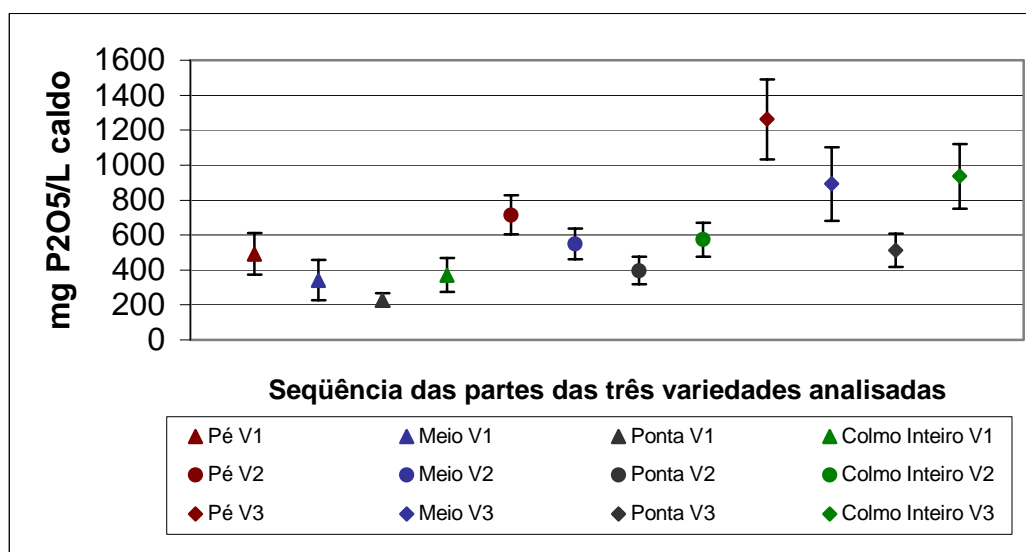


Figura 9 - Média e desvio padrão da média dos teores de fósforo total no caldo das três variedades de cana-de-açúcar analisadas

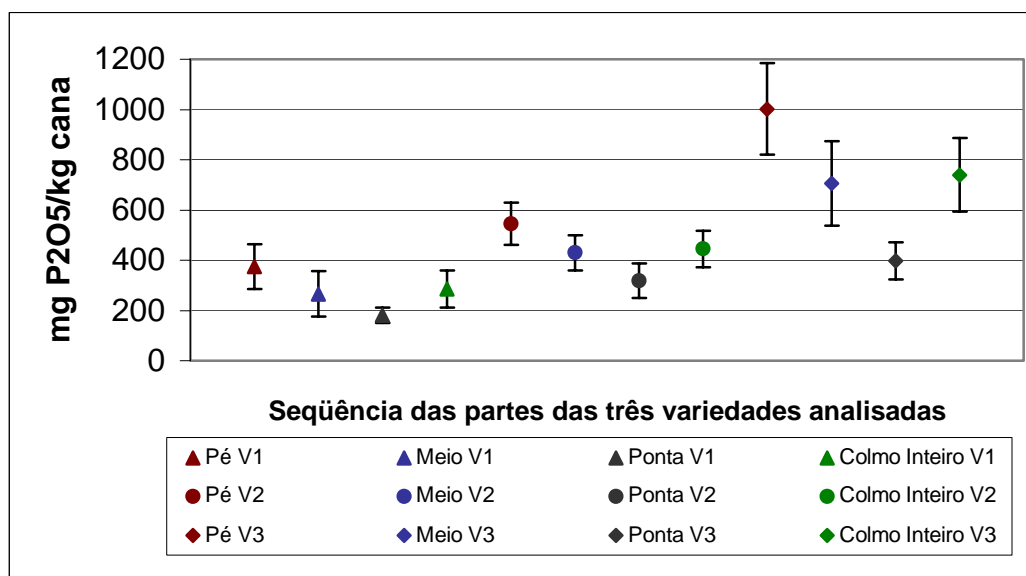


Figura 10 - Média e desvio padrão da média dos teores de fosfato total na cana das três variedades de cana-de-açúcar analisadas

Nas Figuras 9 e 10 pode ser observada uma semelhança no comportamento dos teores de fosfato total para as três variedades de cana-de-açúcar analisadas. Os resultados mostram que as variedades V1, V2 e V3 apresentaram teores de fosfato total no caldo do colmo inteiro, respectivamente, 85, 187 e 368% acima dos teores médios de 200 mg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por litro de caldo, apresentados por Serra (1973).

Considerando o teor de fosfato total no caldo do colmo inteiro das três variedades, a variedade V3 apresentou um teor de 936 mg.L<sup>-1</sup>, que é 63,2% maior que o teor de 573,5 mg.L<sup>-1</sup> apresentado pela variedade V2 e 153% maior que o teor de 370 mg.L<sup>-1</sup> apresentado pela variedade V1. Para o teor de fosfato total na cana, a variedade V3 apresentou um teor de 740 mg.kg<sup>-1</sup>, que é 66,2% maior que o teor de 445,2 mg.kg<sup>-1</sup> apresentado pela variedade V2 e 159,5% maior que o teor de 285,2 mg.kg<sup>-1</sup> apresentado pela variedade V1.

Como citado anteriormente, a variedade V3 apresentou os menores teores de fibra, brix e pol. No entanto, esta variedade apresentou os maiores teores de fosfatos e pureza aparente do caldo. Já a variedade V1 apresentou os maiores teores de fibra, brix e pol, e os menores teores de fosfatos.

O caldo da variedade V1 apresentou um teor de fosfato total de 492,3 mg.L<sup>-1</sup> na região basal do colmo, teor este que é 43,8% maior que o teor de 342,3 mg.L<sup>-1</sup> apresentado pela região mediana e 115,4% maior que o teor de 228,5 mg.L<sup>-1</sup> apresentado pela região apical. O caldo da variedade V2 apresentou um teor de fosfato total de 715,2 mg.L<sup>-1</sup> na região basal do colmo, teor este que é 30,1% maior que o teor de 549,8 mg.L<sup>-1</sup> apresentado pela região mediana e 80,4% maior que o teor de 396,3 mg.L<sup>-1</sup> apresentado pela região apical. O caldo da variedade V3 apresentou um teor de fosfato total de 1261,9 mg.L<sup>-1</sup> na região basal do colmo, teor este que é 41,4% maior que o teor de 892,3 mg.L<sup>-1</sup> apresentado pela região mediana e 145,8% maior que o teor de 513,3 mg.L<sup>-1</sup> apresentado pela região apical.

Para o teor de fosfato total na cana, a variedade V1 apresentou um teor de 374,3 mg.kg<sup>-1</sup> na região basal do colmo, teor este que é 40,9% maior que o teor de 265,6 mg.kg<sup>-1</sup> apresentado pela região mediana e 106,9% maior que o teor de 180,9 mg.kg<sup>-1</sup> apresentado pela região apical. A variedade V2 apresentou um teor de 545,0 mg.kg<sup>-1</sup> na região basal do colmo, teor este que é 26,8% maior que o teor de 429,6 mg.kg<sup>-1</sup> apresentado pela região mediana e 70,8% maior que o teor de 319,0 mg.kg<sup>-1</sup> apresentado pela região apical. A variedade V3 apresentou um teor de 1001,9 mg.kg<sup>-1</sup> na região basal do colmo, teor este que é 41,8% maior que o teor de 706,3 mg.kg<sup>-1</sup> apresentado pela região mediana e 151,9% maior que o teor de 397,7 mg.kg<sup>-1</sup> apresentado pela região apical.

Considerando as regiões do colmo estudadas foi observado um decréscimo nos teores de fosfato total, tanto do caldo como da cana, da região basal para a apical, para as três variedades, como semelhantemente observado nos teores de sólidos solúveis e da pol. A diferença no comportamento destes

três parâmetros é que, para os teores de fosfato total, o gradiente entre as regiões basal e mediana é bastante acentuado e no caso dos teores de sólidos solúveis e pol o gradiente é menor.

#### 4.2.2 Fosfato inorgânico

As médias dos teores de fosfato inorgânico no caldo, expressos em mg de  $P_2O_5$  por litro de caldo, e na cana, expressos em mg de  $P_2O_5$  por kg de cana, das variedades V1, V2 e V3 de cana-de-açúcar são apresentadas, juntamente com seus desvios padrão, respectivamente nas Figuras 11 e 12. Nos apêndices, Tabelas 6, 7 e 8, são apresentados os teores médios de fosfato inorgânico no caldo e na cana para cada repetição.

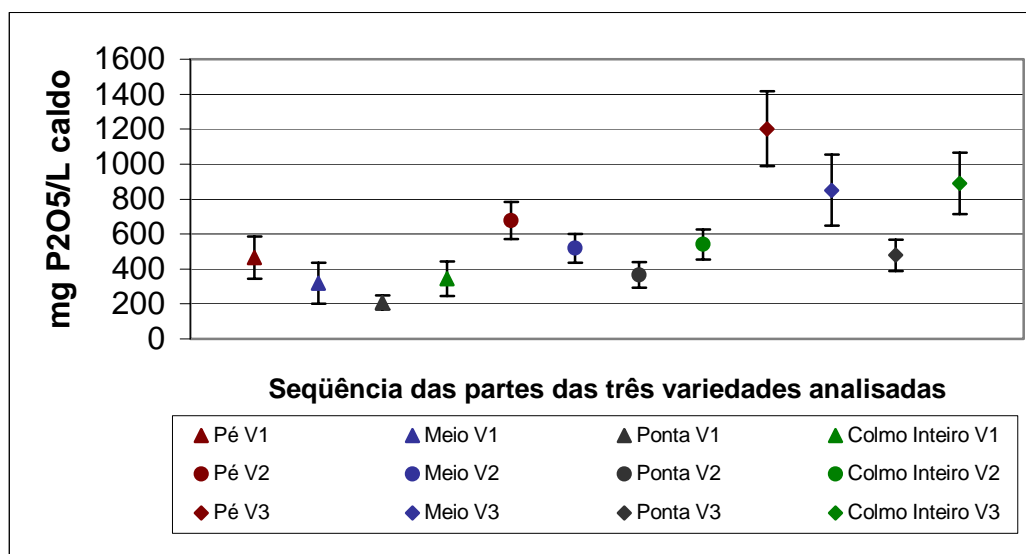


Figura 11 - Média e desvio padrão da média dos teores de fosfato inorgânico no caldo das três variedades de cana-de-açúcar analisadas

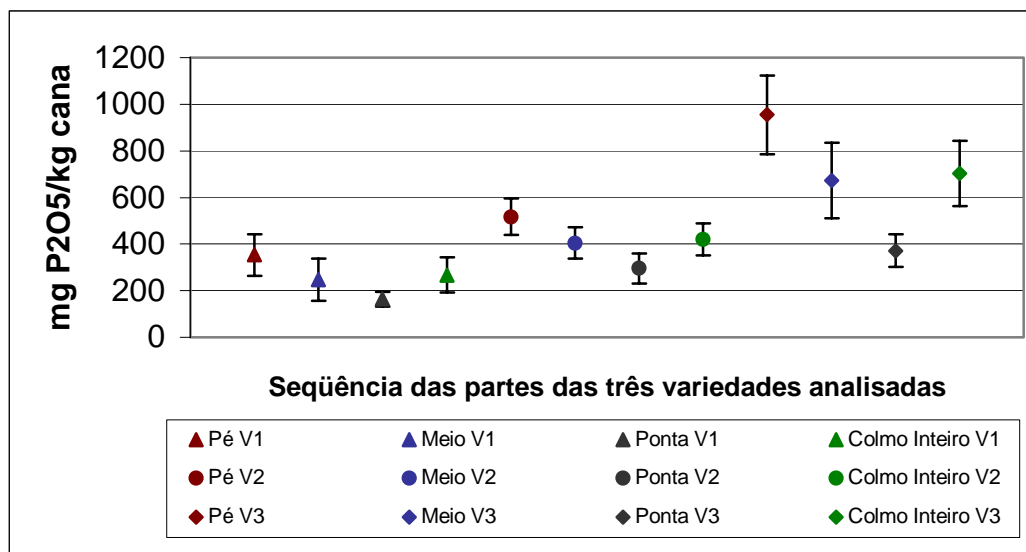


Figura 12 - Média e desvio padrão da média dos teores de fosfato inorgânico na cana das três variedades de cana-de-açúcar analisadas

Nas Figuras 11 e 12 pode ser observada uma semelhança no comportamento dos teores de fosfato inorgânico para as três variedades de cana-de-açúcar analisadas. Os resultados mostram que as variedades V1, V2 e V3 apresentaram teores de fosfato inorgânico no caldo do colmo inteiro, respectivamente, 92, 200 e 394% acima dos teores médios de 180 mg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por litro de caldo, apresentados por Serra (1973).

Considerando o teor de fosfato inorgânico no caldo do colmo inteiro das três variedades, a variedade V3 apresentou um teor de 889,5 mg.L<sup>-1</sup>, que é 64,6% maior que o teor de 540,4 mg.L<sup>-1</sup> apresentado pela variedade V2 e 157,4% maior que o teor de 345,5 mg.L<sup>-1</sup> apresentado pela variedade V1. Os teores da variedade V1 são semelhantes aos citados por Meade (1963), Honig (1969), Delgado et al. (1973) e Delgado & Cesar (1977). Para o teor de fosfato

inorgânico na cana, a variedade V3 apresentou um teor de 703,2 mg.kg<sup>-1</sup>, que é 67,6% maior que o teor de 419,5 mg.kg<sup>-1</sup> apresentado pela variedade V2 e 164,1% maior que o teor de 266,2 mg.kg<sup>-1</sup> apresentado pela variedade V1.

Talvez as variedades V2 e V3 possuam alguma predisposição genética para um maior acúmulo de fosfato inorgânico. Ou até mesmo as condições edafoclimáticas do local onde os talhões estavam localizados, conforme citado por Melo et al. (1999), tenham induzido um acúmulo de fosfato no colmo da cana-de-açúcar maior que os teores de 300-350 mg.L<sup>-1</sup>, encontrados normalmente nas indústrias.

O caldo da variedade V1 apresentou um teor de fosfato inorgânico de 464,1 mg.L<sup>-1</sup> na região basal do colmo, teor este que é 45,6% maior que o teor de 318,8 mg.L<sup>-1</sup> apresentado pela região mediana e 123,7% maior que o teor de 207,5 mg.L<sup>-1</sup> apresentado pela região apical. O caldo da variedade V2 apresentou um teor de fosfato inorgânico de 678,4 mg.L<sup>-1</sup> na região basal do colmo, teor este que é 30,9% maior que o teor de 518,1 mg.L<sup>-1</sup> apresentado pela região mediana e 85,0% maior que o teor de 366,7 mg.L<sup>-1</sup> apresentado pela região apical. O caldo da variedade V3 apresentou um teor de fosfato inorgânico de 1202,3 mg.L<sup>-1</sup> na região basal do colmo, teor este que é 41,4% maior que o teor de 850,2 mg.L<sup>-1</sup> apresentado pela região mediana e 150,8% maior que o teor de 479,3 mg.L<sup>-1</sup> apresentado pela região apical.

Para o teor de fosfato inorgânico na cana, a variedade V1 apresentou um teor de 352,9 mg.kg<sup>-1</sup> na região basal do colmo, teor este que é 42,6% maior que o teor de 247,5 mg.kg<sup>-1</sup> apresentado pela região mediana e 114,8% maior que o teor de 164,3 mg.kg<sup>-1</sup> apresentado pela região apical. A variedade V2 apresentou um teor de fosfato inorgânico de 517,0 mg.kg<sup>-1</sup> na região basal do colmo, teor este que é 27,7% maior que o teor de 404,8 mg.kg<sup>-1</sup> apresentado pela região mediana e 75,1% maior que o teor de 295,2 mg.kg<sup>-1</sup> apresentado pela região apical. A variedade V3 apresentou um teor de fosfato inorgânico de 954,6 mg.kg<sup>-1</sup> na região basal do colmo, teor este que é 41,7% maior que o teor

de  $673,3 \text{ mg.kg}^{-1}$  apresentado pela região mediana e 157,1% maior que o teor de  $371,3 \text{ mg.kg}^{-1}$  apresentado pela região apical.

Considerando as regiões do colmo estudadas, foi observado um decréscimo também nos teores de fosfato inorgânico, tanto do caldo como da cana, da região basal para a apical, para as três variedades, como semelhantemente observado nos teores de fosfato total, de sólidos solúveis e da pol.

Este gradiente encontrado nos colmos, onde predominam maiores concentrações de fosfatos em sua base, pode ser relacionado com o metabolismo nutricional da planta como um todo, pois Paranhos (1987) relata a existência de maiores concentrações de fosfato nas folhas da região apical da planta por esta ser uma região de intensa atividade metabólica e responsável pela maior parte da fotossíntese da planta. O acúmulo de fosfatos no colmo se assemelha ao acúmulo de sacarose na cana-de-açúcar em maturação. Talvez princípios semelhantes norteiem os acúmulos desses componentes.

#### **4.2.3 Fosfato orgânico**

As médias dos teores de fosfato orgânico no caldo, expressos em mg de  $\text{P}_2\text{O}_5$  por litro de caldo, e na cana, expressos em mg de  $\text{P}_2\text{O}_5$  por kg de cana, das variedades V1, V2 e V3 de cana-de-açúcar são apresentadas, juntamente com seus desvios padrão, respectivamente nas Figuras 13 e 14. Nos apêndices, Tabelas 6, 7 e 8, são apresentados os teores médios de fosfato orgânico no caldo e na cana para cada repetição.

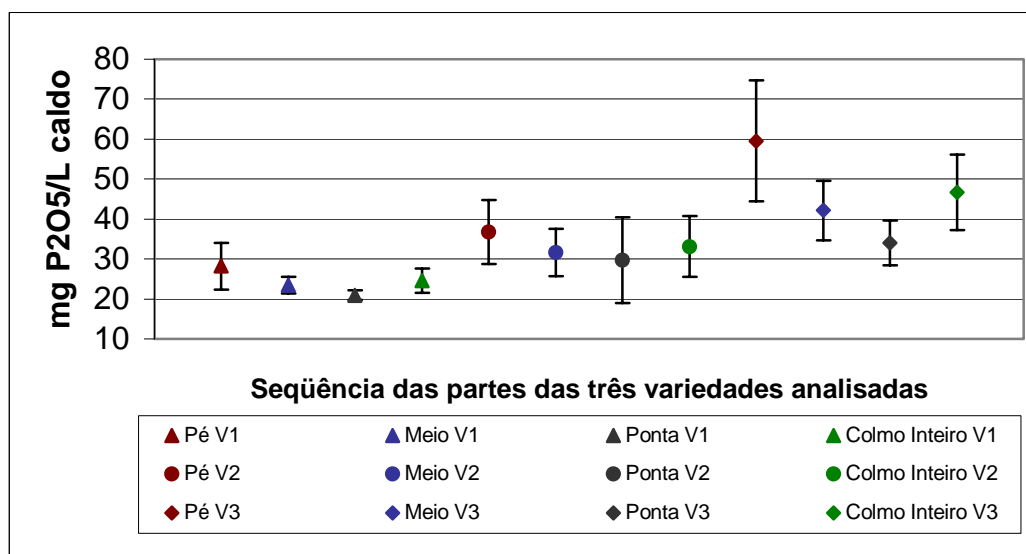


Figura 13 - Média e desvio padrão da média dos teores de fosfato orgânico no caldo das três variedades de cana-de-açúcar analisadas

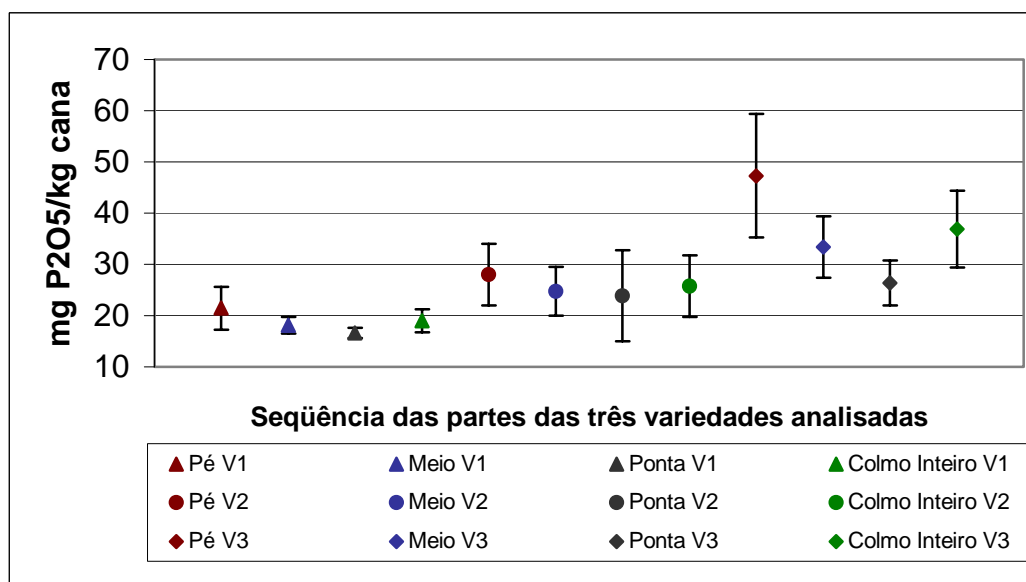


Figura 14 - Média e desvio padrão da média dos teores de fosfato orgânico na cana das três variedades de cana-de-açúcar analisadas

Nas Figuras 13 e 14 pode ser observada uma semelhança no comportamento dos teores de fosfato orgânico para as três variedades de cana-de-açúcar analisadas. Os resultados mostram que as variedades V1, V2 e V3 apresentaram teores de fosfato orgânico no caldo do colmo inteiro, respectivamente, 23, 65 e 133% acima dos teores médios de 20 mg de  $P_2O_5$  por litro de caldo, apresentados por Serra (1973).

Considerando o teor de fosfato orgânico no caldo do colmo inteiro das três variedades, a variedade V3 apresentou um teor de  $46,6 \text{ mg.L}^{-1}$ , que é 41,2% maior que o teor de  $33,0 \text{ mg.L}^{-1}$  apresentado pela variedade V2 e 89,4% maior que o teor de  $24,6 \text{ mg.L}^{-1}$  apresentado pela variedade V1. Para o teor de fosfato orgânico na cana, a variedade V3 apresentou um teor de  $36,8 \text{ mg.kg}^{-1}$ , que é 43,2% maior que o teor de  $25,7 \text{ mg.kg}^{-1}$  apresentado pela variedade V2 e 93,7% maior que o teor de  $19,0 \text{ mg.kg}^{-1}$  apresentado pela variedade V1.

O caldo da variedade V1 apresentou um teor de fosfato orgânico de  $28,2 \text{ mg.L}^{-1}$  na região basal do colmo, teor este que é 20,5% maior que o teor de  $23,4 \text{ mg.L}^{-1}$  apresentado pela região mediana e 34,9% maior que o teor de  $20,9 \text{ mg.L}^{-1}$  apresentado pela região apical. O caldo da variedade V2 apresentou um teor de fosfato orgânico de  $36,7 \text{ mg.L}^{-1}$  na região basal do colmo, teor este que é 15,7% maior que o teor de  $31,7 \text{ mg.L}^{-1}$  apresentado pela região mediana e 24,0% maior que o teor de  $29,6 \text{ mg.L}^{-1}$  apresentado pela região apical. O caldo da variedade V3 apresentou um teor de fosfato orgânico de  $59,6 \text{ mg.L}^{-1}$  na região basal do colmo, teor este que é 41,5% maior que o teor de  $42,1 \text{ mg.L}^{-1}$  apresentado pela região mediana e 75,3% maior que o teor de  $34,0 \text{ mg.L}^{-1}$  apresentado pela região apical.

Para o teor de fosfato orgânico na cana, a variedade V1 apresentou um teor de  $21,4 \text{ mg.kg}^{-1}$  na região basal do colmo, teor este que é 18,2% maior que o teor de  $18,1 \text{ mg.kg}^{-1}$  apresentado pela região mediana e 28,9% maior que o teor de  $16,6 \text{ mg.kg}^{-1}$  apresentado pela região apical. A variedade V2 apresentou um teor de fosfato orgânico de  $28,0 \text{ mg.kg}^{-1}$  na região basal do colmo, teor este que é 13,3% maior que o teor de  $24,7 \text{ mg.kg}^{-1}$  apresentado

pela região mediana e 17,1% maior que o teor de  $23,9 \text{ mg.kg}^{-1}$  apresentado pela região apical. A variedade V3 apresentou um teor de fosfato orgânico de  $47,3 \text{ mg.kg}^{-1}$  na região basal do colmo, teor este que é 42,0% maior que o teor de  $33,3 \text{ mg.kg}^{-1}$  apresentado pela região mediana e 79,1% maior que o teor de  $26,4 \text{ mg.kg}^{-1}$  apresentado pela região apical.

Considerando as regiões do colmo estudadas, foi observado um decréscimo também nos teores de fosfato orgânico, tanto no caldo como na cana, da região basal para a apical, para as três variedades, como semelhantemente observado nos teores de fosfato total, inorgânico, de sólidos solúveis e da pol.

Na Figura 15 são apresentadas as porcentagens que os teores de fosfatos inorgânico e orgânico representam em relação ao fosfato total no caldo das variedades V1, V2 e V3 nas suas respectivas partes (pé, meio e ponta) e colmo inteiro.

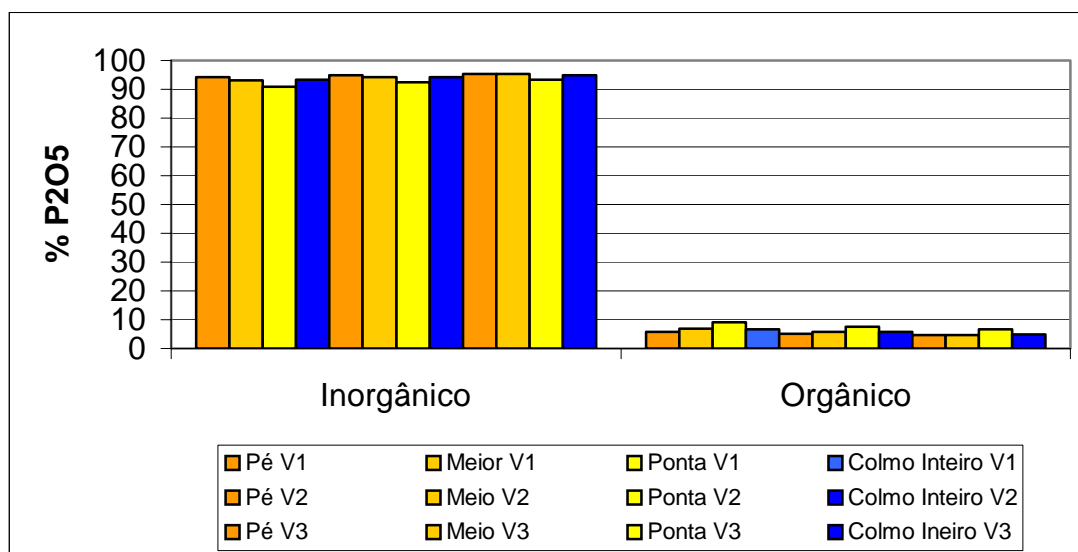


Figura 15 - Porcentagem dos teores de fosfato inorgânico e orgânico em relação ao total, no caldo das três variedades estudadas

Os teores de fosfato orgânico em relação ao total encontrados nesta pesquisa são da ordem de 6,65% para a variedade V1, 5,75% para a variedade V2 e 4,98% para a variedade V3. Estes teores são inferiores aos citados por Korndorfer (1990), nos quais a forma orgânica do fosfato ocorre numa proporção de 10% do fosfato total.

Possivelmente os teores de fosfato orgânico foram baixos devido às condições edafoclimáticas do local onde os talhões estavam localizados. Se as variedades em estudo estivessem maduras, com teores de sacarose equilibrados ao longo do colmo, a observação de Honig (1960), que diz que a concentração de fosfato orgânico diminui com a maturação, faria sentido. Porém, no presente estudo, conforme discutido anteriormente, as variedades provavelmente não estavam totalmente maduras.

Apesar da variedade V1 ter apresentado o menor teor absoluto de fosfato orgânico no colmo inteiro ( $24,6 \text{ mg.L}^{-1}$ ), considerando a porcentagem do fosfato orgânico em relação ao total, esta variedade apresentou maior concentração de fosfato orgânico (6,7%) dentro do total que as variedades V2 (5,8%) e V3 (5,0%).

Com relação às regiões do colmo, as porcentagens dos teores de fosfato orgânico em relação ao total apresentaram um gradiente crescente da região basal para a apical da planta (Figura 15). Isso concorda com as observações de Paranhos (1987), segundo a qual a proporção do fosfato orgânico, em relação ao total, é maior na região de maior atividade metabólica, que é o ápice da planta, enquanto que, à medida que a planta amadurece, esses fosfatos vão se acumulando no colmo da planta na forma inorgânica, para posteriormente serem utilizados pelas gemas na formação de novas plantas.

### 4.3 Correlações entre fosfatos, fibra, brix, pol e pureza

Nas Figuras 16 a 18 são apresentadas, respectivamente, as correlações entre os teores de fosfato total e inorgânico, total e orgânico e entre o inorgânico e o orgânico, das três variedades de cana-de-açúcar analisadas.

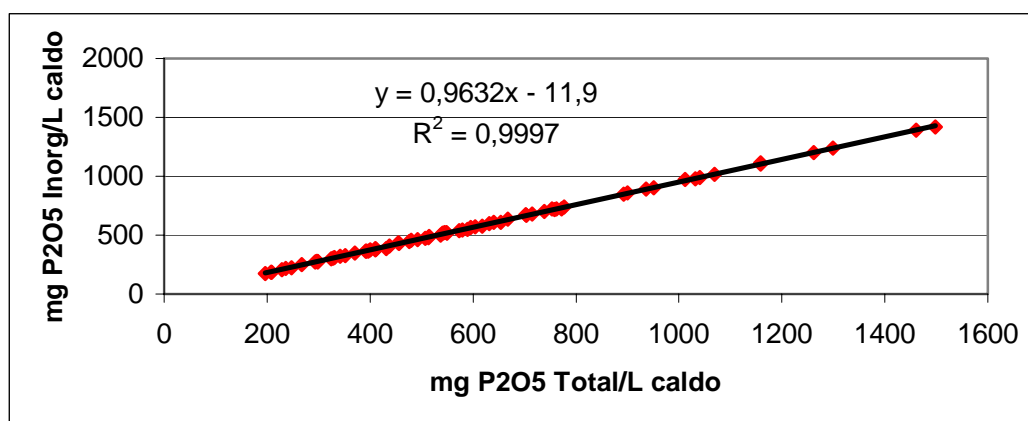


Figura 16 - Correlação entre os teores de fosfato total e inorgânico no caldo das três variedades de cana-de-açúcar analisadas

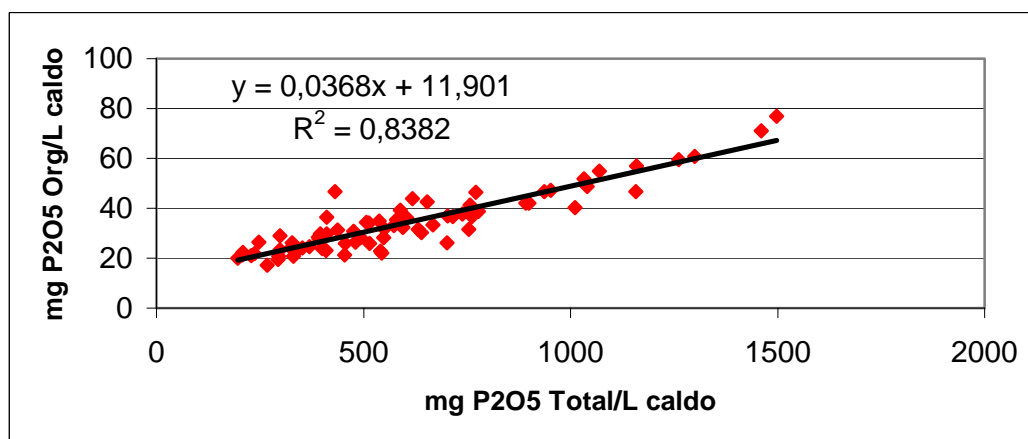


Figura 17 - Correlação entre os teores de fosfato total e orgânico do caldo das três variedades de cana-de-açúcar analisadas

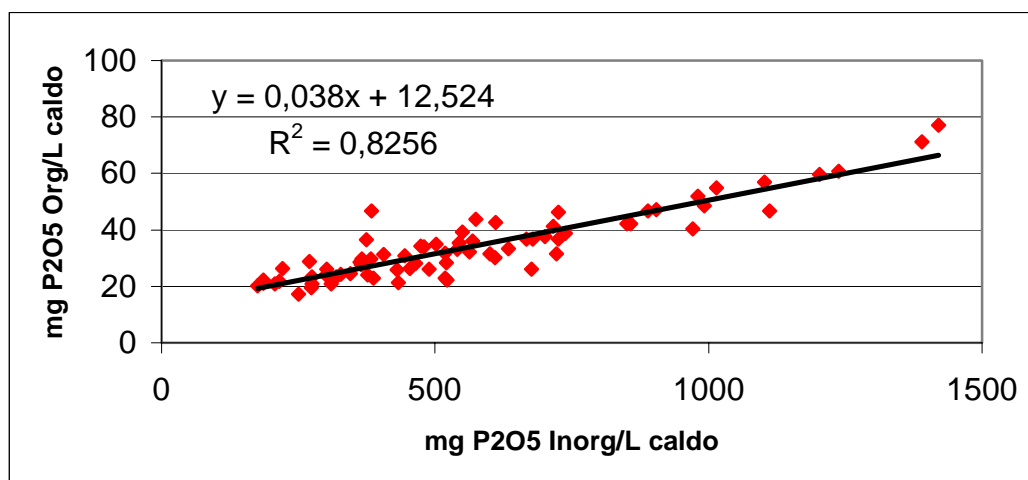


Figura 18 - Correlação entre os teores de fosfato inorgânico e orgânico do caldo das três variedades de cana-de-açúcar analisadas

Na Figura 16 pode ser observada uma correlação altíssima ( $R^2 = 0,9997$ ) entre os teores de fosfato total e inorgânico, mostrando que estes dois tipos de fosfato são extremamente dependentes um do outro. Tanto na Figura 17 como na Figura 18, a correlação entre o fosfato total e o orgânico e entre o inorgânico e o orgânico são menores ( $R^2 = 0,8382$  e  $R^2 = 0,8256$ , respectivamente), mostrando que a variação nos teores de fosfato orgânico não depende apenas do total e/ou do inorgânico, mas também podem existir outros fatores que influenciam sua variação.

Nas Figuras 19 a 30 são apresentadas as correlações entre os teores dos fosfatos (total, inorgânico e orgânico) e os parâmetros tecnológicos (fibra, brix, pol e pureza) das variedades de cana-de-açúcar estudadas.

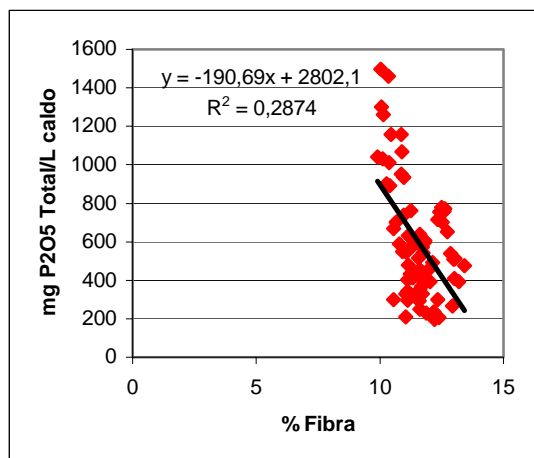


Figura 19 - Correlação entre os teores de fosfato total e a fibra das três variedades de cana-de-açúcar analisadas

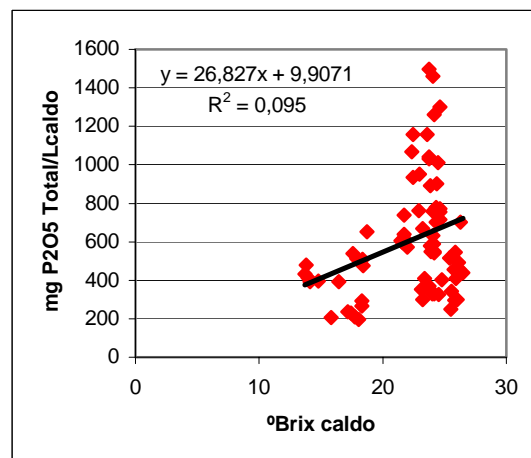


Figura 20 - Correlação entre os teores de fosfato total e o brix do caldo das três variedades de cana-de-açúcar analisadas

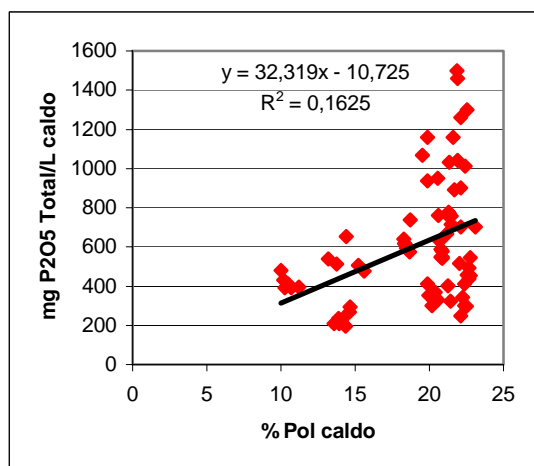


Figura 21 - Correlação entre os teores de fosfato total e a pol do caldo das três variedades de cana-de-açúcar analisadas

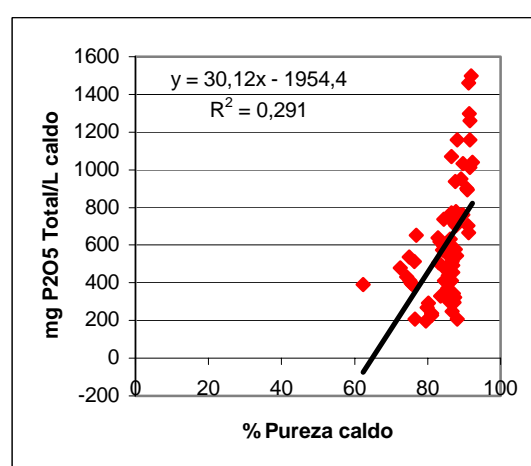


Figura 22 - Correlação entre os teores de fosfato total e a pureza do caldo das três variedades de cana-de-açúcar analisadas

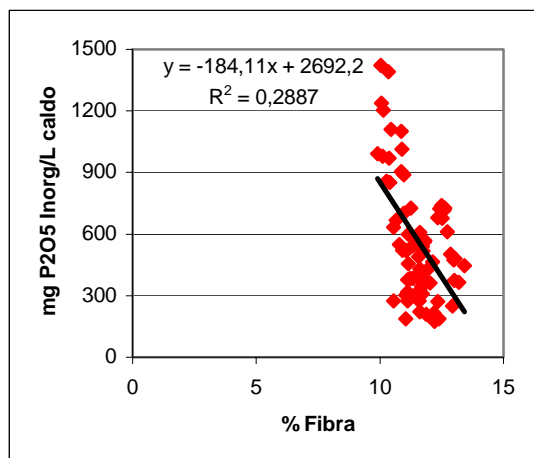


Figura 23 - Correlação entre os teores de fosfato inorgânico e a fibra das três variedades de cana-de-açúcar analisadas

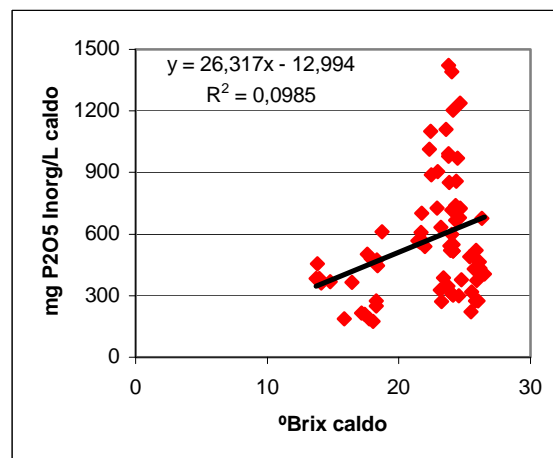


Figura 24 - Correlação entre os teores de fosfato inorgânico e o brix do caldo das três variedades de cana-de-açúcar analisadas

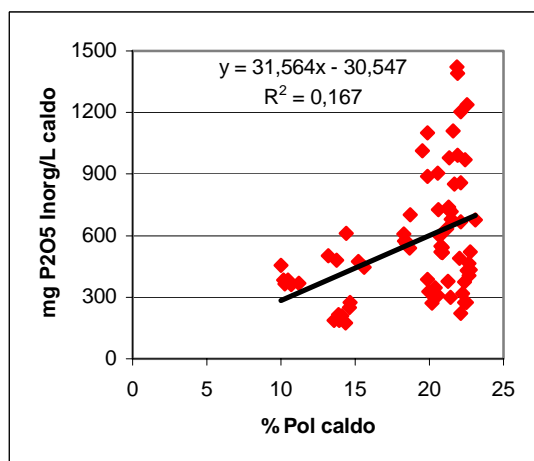


Figura 25 - Correlação entre os teores de fosfato inorgânico e a pol do caldo das três variedades de cana-de-açúcar analisadas

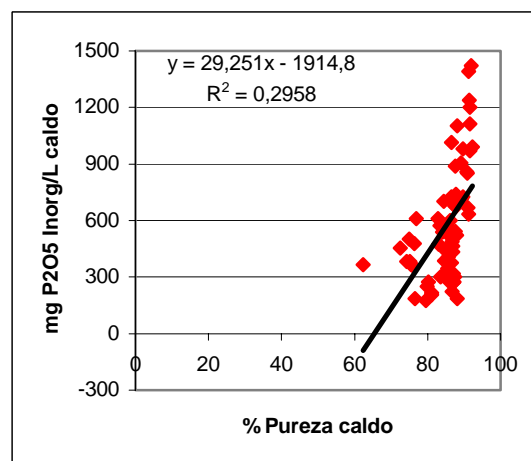


Figura 26 - Correlação entre os teores de fosfato inorgânico e a pureza do caldo das três variedades de cana-de-açúcar analisadas

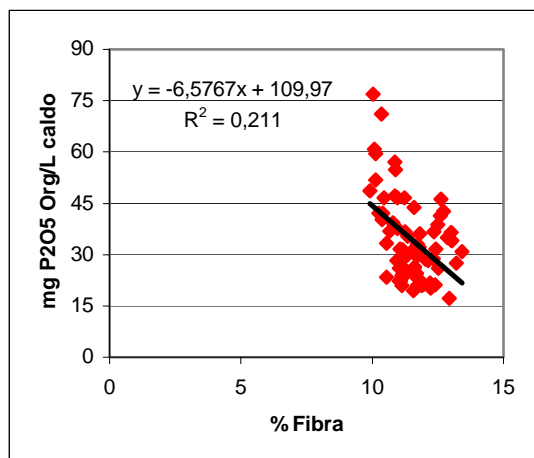


Figura 27 - Correlação entre os teores de fosfato orgânico e a fibra das três variedades de cana-de-açúcar analisadas

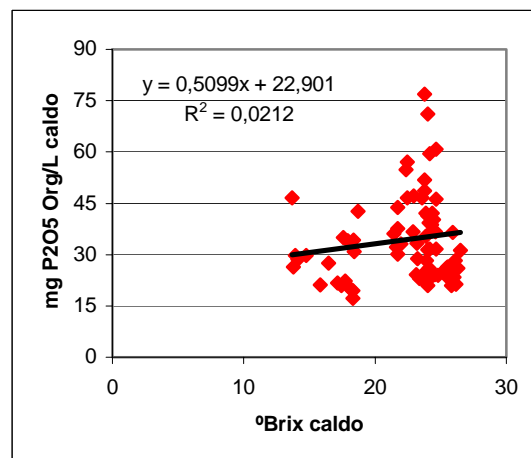


Figura 28 - Correlação entre os teores de fosfato orgânico e o brix do caldo das três variedades de cana-de-açúcar analisadas

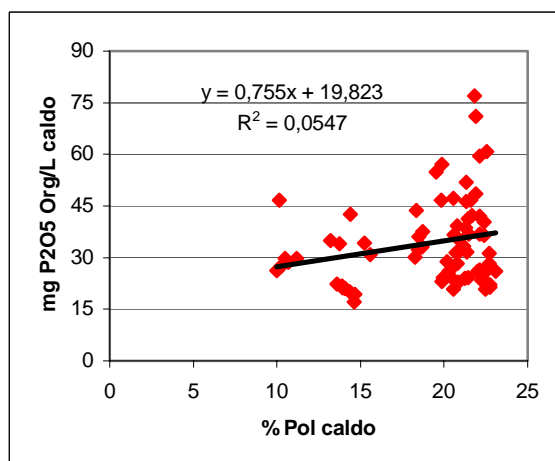


Figura 29 - Correlação entre os teores de fosfato orgânico e a pol do caldo das três variedades de cana-de-açúcar analisadas

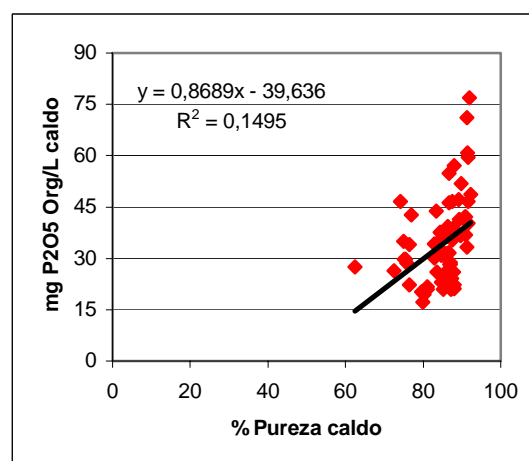


Figura 30 - Correlação entre os teores de fosfato orgânico e a pureza do caldo das três variedades de cana-de-açúcar analisadas

Nas Figuras 19 a 30 pode ser observada uma baixa correlação ( $R^2 < 0,30$ ) entre os três tipos de fosfatos (total, inorgânico e orgânico) e os parâmetros tecnológicos analisados (fibra, brix, pol e pureza).

As correlações entre os fosfatos total e inorgânico e os parâmetros tecnológicos, apresentadas nas Figuras 19 a 26, são muito semelhantes em virtude da alta correlação entre o fosfato total e o inorgânico, conforme apresentado na Figura 16. Quanto à correlação entre o fosfato orgânico e os parâmetros tecnológicos, as Figuras 27 a 30 mostram a mesma tendência, porém com menor similaridade, do que foi observado nas correlações dos outros dois fosfatos com os parâmetros tecnológicos.

Considerando os três tipos de fosfatos em relação aos teores de fibra (Figuras 19, 23 e 27), foi observado que, aparentemente, quando os teores de fibra aumentam, os teores dos fosfatos diminuem. No entanto, esta observação não pode ser considerada conclusiva devido à baixa correlação encontrada entre esses fatores. Com relação aos três tipos de fosfatos e os teores de brix, pol e pureza do caldo (Figuras 20, 21, 22, 24, 25, 26, 28, 29 e 30), foi observado que, aparentemente, quando os teores de brix, pol e pureza do caldo, que são componentes ligados entre si, aumentam, os teores dos fosfatos também aumentam. Porém, novamente, esta observação não pode ser considerada conclusiva devido à baixa correlação encontrada também entre esses fatores.

Nota-se, portanto, que as correlações entre os teores dos fosfatos e de fibra das variedades de cana-de-açúcar estudadas têm tendência oposta a das correlações entre os teores de fosfatos e os parâmetros tecnológicos brix, pol e pureza do caldo dessas variedades de cana-de-açúcar.

#### 4.4 Ácido fítico

Os resultados das análises de ácido fítico na cana-de-açúcar foram semelhantes aos teores da amostra controle (branco), não atingindo assim a expectativa de se encontrar teores passíveis de serem comparados aos encontrados nos cereais. Isso evidencia a pequena formação do ácido fítico em cana-de-açúcar, conforme já relatado por Honig (1969).

A proposta do estudo de ácido fítico em cana-de-açúcar surgiu em virtude do isolamento do ácido fítico a partir do melaço de cana-de-açúcar, conforme relatado por Saska (1990). Assim foi aventada a hipótese de encontrá-lo em colmos de cana-de-açúcar.

Como já citado anteriormente, segundo Honig (1969) os teores de ácido fítico em cana-de-açúcar são extremamente baixos. O método proposto por Thompson & Erdman (1982) é recomendado para a determinação dos teores de ácido fítico em grãos de cereais e leguminosas, os quais apresentam teores relativamente altos de ácido fítico. Considerando a composição tecnológica do colmo da cana-de-açúcar colhido manualmente e as demais condições desta pesquisa, a faixa de sensibilidade do método proposto por Thompson & Erdman (1982) não conseguiu detectar teores de ácido fítico no caldo ou bagaço das amostras de cana-de-açúcar analisadas.

O fato de Saska (1990) ter isolado ácido fítico de melaço de cana-de-açúcar talvez possa ser explicado por ocorrer uma possível concentração dos teores de ácido fítico durante a concentração do caldo de cana no processo de fabricação do açúcar, tornado possível o isolamento do mesmo no melaço.

Quanto ao bagaço da cana-de-açúcar, surgiu a hipótese de que o ácido fítico, se presente no bagaço, poderia ser isolado do mesmo antes da sua queima nas indústrias. Surgiu ainda a hipótese de uma correlação entre o acúmulo de ácido fítico nas sementes de cereais e leguminosas e um possível acúmulo nas gemas ou na casca dos colmos de cana-de-açúcar, o que não foi constatado nesta pesquisa.

Os teores de ácido fítico das amostras de caldo e bagaço dos colmos inteiros, dos nós, dos internódios, das cascas e das medulas da variedade V1 de cana-de-açúcar analisada, expressos em  $\text{mg.g}^{-1}$  são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Teores médios de ácido fítico das amostras de caldo, bagaço, nó, internódio, casca e medula da variedade V1 de cana-de-açúcar analisada

Descrição das Amostras	Ácido Fítico ( $\text{mg.g}^{-1}$ )*
Caldo do colmo inteiro	0,0902
Bagaço do colmo inteiro	0
Caldo do colmo inteiro com casca	- 0,1810
Caldo colmo do inteiro sem casca	0
Bagaço do colmo inteiro com casca	0
Bagaço do colmo inteiro sem casca	- 0,904
Casca do colmo inteiro	0
Caldo do internódio com casca	- 0,2691
Caldo do internódio sem casca	- 0,2691
Bagaço do internódio com casca	0
Bagaço do internódio sem casca	0,0894
Casca do internódio	0
Caldo do nó com casca	0,0894
Caldo do nó sem casca	0
Bagaço do nó com casca	0
Bagaço do nó sem casca	0,0894
Casca do nó	0

\* Média de três repetições analíticas por amostra

A característica das sementes em acumular nutrientes, no caso o fosfato em formas especiais, tal como o ácido fítico, como reserva para formação de novas plantas, não foi verificada nas gemas dos colmos de cana-de-açúcar da variedade V1 analisada. Possivelmente as gramíneas ( $C_4$ ), como a cana-de-açúcar, não precisam acumular reservas em formas especiais como as plantas  $C_3$ , pelo fato de que, nas plantas de ciclo  $C_4$ , a gema não se separa da planta mãe, ficando esta provida das reservas acumuladas na própria planta, ou no próprio colmo no caso da cana-de-açúcar.

Segundo Castro (2004) as enzimas que catalisam as reações de síntese de sacarose na cana-de-açúcar necessitam de  $Mg^{++}$  como cofator. Segundo Sgarbieri (1987) o ácido fítico possui afinidade com o cátion  $Mg^{++}$  para formar quelatos. Assim, talvez a cana-de-açúcar não sintetize ácido fítico para prevenir uma possível quelação, e conseqüente “seqüestro”, de íons  $Mg^{++}$ , o que reduziria a síntese de sacarose na planta. Ainda nesse sentido, pode-se aventar a hipótese de que variedades selvagens de cana-de-açúcar, as quais não são eficientes no acúmulo de sacarose, talvez possam apresentar maiores teores de ácido fítico.

## 5 CONCLUSÕES

- Os teores de fosfatos no caldo da cana-de-açúcar encontrados neste estudo foram superiores aos normalmente encontrados nas plantas industriais.
- As características tecnológicas das três variedades de cana-de-açúcar estudadas foram semelhantes, mas os seus teores de fosfatos foram extremamente diferentes.
- Houve um gradiente decrescente da região basal para a apical do colmo da cana-de-açúcar para os teores de fosfatos total, inorgânico e orgânico nas três variedades estudadas. Apenas para a porcentagem de fosfato orgânico em relação ao total esse gradiente foi crescente.
- Os fosfatos total, inorgânico e orgânico não apresentaram correlação significativa com os parâmetros ligados ao estágio de maturação (fibra, brix, pol e pureza) das três variedades de cana-de-açúcar estudadas.
- O método analítico para determinação de ácido fítico descrito por Thompson & Erdman (1982) não se mostrou adequado para análises em colmos de cana-de-açúcar.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDER, A.G. **Sugarcane physiology**. Amsterdam: Elsevier, 1973. 752p.

ALMEIDA, R.S. Identificação e caracterização de genes de transportadores de fosfato em cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). Piracicaba, 2002. 90p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

AMORIM, H.V. Nutrição mineral da levedura, aspectos teóricos e práticos. In: SEMANA DE FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA "JAYME ROCHA DE ALMEIDA", 4., Piracicaba, 1985. **Anais**. Piracicaba: ESALQ, 1985. p.144-148.

ANJUM, F.M.; BUTT, M.S.; AHMAD, N.; AHMAD, I. Fitate and mineral content in different milling fractions of some Pakistani spring wheats. **International Journal of Food Science and Technology**, v.37, n.1, p.13-17, 2002.

ARIZONO, H. **Bula 2003**. Araras: UFSCar, DBV, CCA, 2003. 49p.

BISWAS, S.; MAITI, S.B.; CHAKRABARTI, S.; BISWAS, B.B. Purification and characterization of myoinositol hexaphosphate adenosine diphosphate phosphotransferase from *Phaseolus aureus*. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v.185, p.557-566, 1978.

BORDEN, R.J.; DENISON, F.C. A study of optimum crop length. **Hawaii Planters Records**, v.46, n.3, p.119-137, 1942.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Produção e Comercialização. **Estatísticas**: agronegócio brasileiro. <http://www.agricultura.gov.br> (10 fev. 2004)

BREARLEY, C.A.; HANKE, D.E. Metabolic evidence for the order of addition of individual phosphate esters to the myo-inositol moiety of inositol hexakisphosphate in the duckweed *Spirodela polyrhiza* L. **Biochemical Journal**, v.314, p.227-233, 1996.

BRIEGER, F.O.; PARANHOS, S.B. **Cultura e adubação da cana-de-açúcar**. São Paulo: Instituto Brasileiro de Potassa, 1964. cap.6, p.150-162: Técnica cultural.

CALDAS, C. **Manual de análises selecionadas**: para indústrias sucroalcooleiras. Maceió: Sindicato da Indústria, do Açúcar e do Álcool no Estado de Alagoas, 1998. 428p.

CAMPBELL, M.; DUNN, R.; DITTERLINE, R.; PICKETT, S.; RABOY, V. Phytic acid represents 10 to 15% of total phosphorus in alfalfa root and crown. **Journal of Plant Nutrition**, v.14, n.9, p.925-937, 1991.

CASTRO, P.R.C. Fotossíntese na cana-de-açúcar. **STAB**: açúcar, álcool e subprodutos, v.20, n.3, p.26-27, 2002.

CASTRO, P.R.C. Biossíntese e transporte de sacarose em cana-de-açúcar. **STAB**: açúcar, álcool e subprodutos, v.22, n.3, p.24-25, 2004.

- CESAR, M.A.A. Estudo sobre o comportamento da cana “Bis”, em relação às suas características agroindustriais. Piracicaba, 1970. 32p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- CESAR, M.A.A.; DELGADO, A.A.; CAMARGO, A.P.; BISSOLI, B.M.A.; SILVA, F.C. Capacidade de fosfatos naturais e artificiais em elevar o teor de fósforo no caldo de cana-de-açúcar (cana-planta), visando o processo industrial. **STAB: açúcar, álcool e subprodutos**, v.5, n.5/6, p.32-38, 1987.
- CHERYAN, M. Phytic acid interactions in food systems. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.13, n.3, p.297-335, 1980.
- CHITRA, U.; SINGH, U.; VENKATESWARA RAO, P. Phytic acid, in vitro protein digestibility, dietary fiber and minerals of pulses as influenced by processing methods. **Plant Foods for Human Nutrition**, v.49, p.307-316, 1996.
- CHUBB, L.G. Ant nutritive factors in animal feedstuffs. In: HARESING, W. **Studies in the agricultural and food sciences butterworths: recent advances in animal nutrition**. New York: Elsevier, 1982. p.21-37.
- COLETI, J.T. Técnica cultural de plantio. In: PARANHOS, S.B. **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. cap.3, p.284-328.
- COPERSUCAR. **Manual de controle químico da fabricação de açúcar**. Piracicaba, 1987. cap.2, p.28-31.

- CÚNEO, F.; FARFAN, J.A.; CARRARO, F. Distribuição dos fitatos em farelo de arroz estabilizado e tratado com fitase exógena. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.20, n.1, p.94-98, jan/abr. 2000.
- DANIELS, J.; ROACH, B.T. Taxonomy and evolution. In: HEINZ, D.J. **Sugarcane improvement through breeding**. New York: Elsevier, 1987. 84p.
- DELGADO, A.A.; CESAR, M.A.A. **Elementos de tecnologia e engenharia do açúcar de cana**. Sertãozinho: Zanini, 1977. 3v.
- DELGADO, A.A.; CESAR, M.A.A. Determinação de fosfatos em caldo e mosto de cana-de-açúcar. **STAB: açúcar, álcool e subprodutos**, v.2, n.4, p.42-45, 1984.
- DELGADO, A.A.; FERREIRA, L.J.; BARBIN, D. Estudos sobre o comportamento do fósforo na clarificação do caldo de cana. **Brasil Açucareiro**, v.82, n.1, p.55-75, jul. 1973.
- DUFF, S.M.G.; SARATH, G.; PLAXTON, W.C. The role of acid phosphatases in plant phosphorus metabolism. **Physiologia Plantarum**, v.90, p.791-800, 1994.
- ERDMAN, J.W. Oilseed phytates nutritional implications. **Journal of the American Oil Chemist's Society**, v.56, n.7, p.736-741, 1979.
- FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. **Agrianual 2004**. São Paulo, 2004. p.219-225: Cana-de-açúcar.

- GHELLER, A.C.; MATSUOKA, S.; NASCIMENTO, R. **Características agrônômicas das variedades RB**. Araras: UFSCar, CCA, DBV, 2003. 23p.
- GOMORI, F. A modification of the colorimetric phosphorus determination for use with the photoelectric colorimeter. **Journal of Laboratory and Clinical Medicine**, v.27, n.9, p.955-960, 1942.
- GRAF, E. Applications of phytic acid. **Journal of the American Oil Chemist's Society**, v.60, n.11, p.1861-1866, 1983.
- HAAG, H.P.; DECHEN, A.R.; CARMELO, Q.A.C. Nutrição mineral da cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S.B. **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. cap.1, p.88-159.
- HARLAND, B.F.; OBERLEAS, D. Anion exchange method for determination of phytate in foods: collaborative study. **Journal of Association Off Analytical Chemistry**, v.69, n.7, p.667-670, 1986.
- HOLFORD, I.C.R. Soil phosphorus: its measurement and, its uptake by plants. **Australian Journal of Soil Research**, v.35, n.3, p.227-239, 1997.
- HONIG, P. The presence of phosphate in cane juice. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGARCANE TECHNOLOGISTS, 10., Hawaii, 1959. **Proceedings**. Amsterdam: Elsevier, 1960. p.351-361.
- HONIG, P. **Principios de tecnologia azucarera**. México: Continental, 1969. v.1.

- KORNDORFER, G.H. Fertilizantes fosfatados sólidos e fluidos na cana-de-açúcar. Piracicaba, 1990. 91p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- KORNDORFER, G.H. Resposta da cultura da cana-de-açúcar à adubação fosfatada. **Informações Agronômicas**, v.102, p.7, jun. 2003.
- LOEWUS, F.A.; MURTHY, P.P.N. Myo-inositol metabolism in plants. **Plant Science**, v.150, n.1, p.1-19, 2000.
- LOLAS, G.M.; MARKAKIS, P. Phytic acid and other phosphorus compounds of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.23, n.1, p.13-15, 1975.
- MACHADO, E.C. Fisiologia. In: PARANHOS, S.B. **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. cap.1, p.56-80.
- MAGA, J.A. Phytate: it's chemistry occurrence, food interactions, nutritional significance, and methods of analysis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.30, n.1, p.1-9, 1982.
- MAJERUS, P.W.; CONNOLY, T.M.; BANSAL, V.S.; INHORN, R.C.; ROSS, T.S.; LIPS, D. Minireview inositol phosphates: synthesis and degradation. **Journal of Biological Chemistry**, v.263, n.12, p.3051-3054, 1988.
- MALAVOLTA, E.; HAAG, H.P. **Cultura e adubação da cana-de-açúcar**. São Paulo: Instituto Brasileiro de Potassa, 1964. cap.8, p.220-237: Fisiologia.

- MARSCHNER, H. Root-induced changes in the availability of micronutrients in the rhizosphere. In: WAYSEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, U. **Plant root: the hidden half**. New York: Marcel Decker, 1991. p.503-528.
- MARTINS, N.G.S.; HORII, J.; ALCARDE, A.R. Fitatos em cana-de-açúcar. In: ENCONTRO CIENTÍFICO DOS PÓS-GRADUANDOS DO CENA/USP, 8., Piracicaba, 2002. **Resumos**. Piracicaba: CENA/USP, 2002. p.64.
- MATSUOKA, S. **Relatório anual do programa de melhoramento genético da cana-de-açúcar**. Araras: UFSCar, CCA, DBV, 2000. 39p.
- MEADE, G.P. **Cane sugar handbook**. New York: John Wiley, 1963. v.9, p.23-26: Composition of cane juice.
- MELO, F.A.D.; FIGUEIREDO, A.A.; ALVES, M.C.P.; FERREIRA, V.M. Parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar em diferentes fundos agrícolas da região norte do estado de Pernambuco. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 7., Londrina, 1998. **Anais**. Piracicaba: STAB, 1999. p.198-202.
- MEYER, J.H. The role of phosphorus in the production of sugarcane in South Africa. **Phosphorus in Agriculture**, v.78, n.1, p.23-32, Aug. 1980.
- MILLER, M.H. Effects of nitrogen on phosphorus absorption by plants. In: CARSON, E.W. **The plant root and its environment**. Charlottesville: University Press of Virginia, 1974. p.643-668.
- MIMURA, T. Regulation of phosphate transport and homeostasis in plant cells. **International Review of Cytology**, v.190, n.2, p.149-200, 1999.

- MIRANDA, L.C.G.; OLIVEIRA, T.T.; MENDONÇA, R.C.S.; NAGEM, T.J. Variação dos teores de ácido fítico e fitatos em cultivares de soja. **Revista Ceres**, v.41, n.238, p.623-628, 1994.
- NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.T. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.
- ORLANDO FILHO, J.; ZAMBELO JÚNIOR. E. Influência da adubação NPK nas qualidades tecnológicas da cana-planta, variedade CB 41-76. **Brasil Açucareiro**, v.96, n.3, p.37-44, 1980.
- OZANE, P.G. **The roles of phosphorus in agriculture**. Madson: Crop Science Society of America, 1980. 910p.
- PARANHOS, S.B. **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 431p.
- PEREIRA, J.R.; FARIA, C.M.B.; MORGADO, L.B. Efeito de níveis e do resíduo de fósforo sobre a produtividade de cana-de-açúcar em vertissolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n.1, p.43-48, jan. 1995.
- RABOY, V. The biochemistry and genetics of phytic acid synthesis in higher plants. In: MORRE, E.J.; BOSS, W.S.; LOEWUS, F.A. **Inositol metabolism in plants**. New York: John Wiley & Sons, 1990. v.1, p.55-76.
- RABOY, V.; DICKINSON, D.B. Effect of phosphorus and zinc nutrition on soybean seed phytic acid and zinc. **Plant Physiology**, v.75, n.11, p.1094-1098, 1984.

- RABOY, V.; HUDSON, S.J.; DICKINSON, D.B. Reduced phytic acid content does not have an adverse effect on germination of soybean seeds. **Plant Physiology**, v.79, n.2, p.323-325, 1985.
- RABOY, V.; NOAMAN, M.M.; TAYLOR, G.A.; PICKETT, S.G. Grain phytic acid and protein are highly correlated in winter wheat. **Crop Science**, v.1, n.7, p.631-635, 1991.
- RAGHOTHAMA, K.G. Phosphate acquisition. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.50, n.5, p.665-686, 1999.
- REDDY, N.R.; SATHE, S.K.; SALUNKHE, D.K. Phytates in legumes and cereals. **Advances in Food Research**, v.28, n.1, p.1-92, 1982.
- REGE, S.J.; KULKARNI, P.R.; REGE, D.V. Nutritive evaluation of high protein foods. **Journal of Food Science and Technology**, v.23, n.1, p.62-64, 1986.
- RIBEIRO, M.L.L.; IDA, E.I.; OLIVEIRA, M.C.N. Efeito da germinação de soja cv. BR-13 e Paraná sobre ácido fítico, fósforo total e inibidores de tripsina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.1, p.31-36, jan. 1999.
- SAKANO, K. Proton phosphate stoichiometry in uptake of inorganic phosphate by cultured cells of *Catharanthus roseus* (L.) G. **Plant Physiology**, v.67, n.7, p.797-801, 1990.
- SANTOS, J.C.P. Estudo nutricional do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e teores de nutrientes e fitatos nos grãos. Piracicaba, 1998. 120p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

- SASKA, M. A process for industrial production of inositol from sugarcane molasses. **Sugar y Azucar**, v.91, n.6, p.33, June 1996.
- SATHE, S.K.; DESHPANDE, S.S.; REDDY, N.R.; GOLL, D.E.; SALUNKHE, D.K. Effects of germination on proteins, raffinose, oligosaccharides and ant nutritional factors in the Great Northern beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Food Science**, v.48, n.6, p.1796-1800, 1983.
- SERRA, G.E. Efeitos da adubação fosfatada sobre algumas características agroindustriais do caldo de cana-de-açúcar, variedade CB 41-76. Botucatu, 1973. 104p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".
- SGARBIERI, V.C. **Alimentação e nutrição**: fator de saúde e desenvolvimento. São Paulo: Almed Unicamp, 1987. cap.10. p.213-242: Composição e valor nutritivo dos alimentos.
- SILVA, G.M. de A. Influência da adubação na cana-de-açúcar. In: ORLANDO FILHO, J. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba: IAA, PLANALSUCAR, 1983. cap.4, p.317-332.
- SOUZA, C.M.M.C.A. Mecanismos fisiológicos e bioquímicos de regulação da biossíntese de ácido fítico em grãos de dois genótipos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Piracicaba, 2003. 142p. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.
- THOMPSON, D.B.; ERDMAN, J.W. Jr. Phytic acid determination in soybeans. **Journal of Food Science**, v.47, n.3, p.513-517, 1982.

TURK, M.; SANDBERG, A.; CARLSSON, N.; ANDLID, T. Inositol hexaphosphate hydrolysis by baker's yeast. capacity, kinetics and degradation products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.48, n.1, p.100-104, 2000.

UNISTAT HOUSE. **UNISTAT 5.0**: statistical package for windows user's guide. London, 2000. 801p.

URBANO, G.; LOPEZ-JURADO, M.; ARANDA, D.; VIDAL-VALVERDE, C.; TENORIO, E.; PORRES, J. The role of phytic acid in legumes: ant nutrient or beneficial function? **Journal of Physiology and Biochemistry**, v.56, n.3, p.283-294, 2000.

## **APÊNDICES**

Tabela 3. Média das repetições das análises tecnológicas das partes e do colmo inteiro da variedade SP 82-3530 (V1) de cana-de-açúcar

		Fibra (%)	°Brix (caldo)	°Brix (cana)	Pol (caldo)	Pol (cana)	Pureza (%)
R1	Pé	13,0	25,9	21,5	22,39	18,63	86,4
	Meio	11,6	25,5	21,7	22,13	18,87	86,8
	Ponta	12,4	15,8	13,3	13,94	11,73	88,0
	Colmo Inteiro	12,3	23,2	19,6	20,18	16,99	87,0
R2	Pé	11,6	25,7	21,9	22,53	19,21	87,5
	Meio	11,2	24,5	21,0	21,43	18,39	87,3
	Ponta	12,2	17,1	14,5	13,89	11,73	81,0
	Colmo Inteiro	11,6	23,1	19,7	19,96	17,03	85,8
R3	Pé	12,0	26,1	22,2	22,75	19,28	86,9
	Meio	11,1	25,8	22,2	22,48	19,33	87,1
	Ponta	12,2	18,0	15,2	14,35	12,11	79,5
	Colmo Inteiro	11,7	24,0	20,4	20,55	17,50	85,1
R4	Pé	12,5	26,3	22,1	23,10	19,38	87,8
	Meio	11,1	25,8	22,3	22,76	19,58	88,0
	Ponta	11,6	18,3	15,6	14,68	12,52	80,2
	Colmo Inteiro	11,7	24,1	20,5	20,86	17,74	86,0
R5	Pé	11,5	26,5	22,6	22,69	19,37	85,6
	Meio	10,5	26,0	22,6	22,37	19,42	86,0
	Ponta	11,0	17,7	15,3	13,58	11,69	76,5
	Colmo Inteiro	11,0	24,1	20,8	20,29	17,47	83,5
Média	Pé	12,1 (±0,62)*	26,1 (±0,31)	22,7 (±0,39)	22,69 (±0,27)	19,17 (±0,31)	86,9 (±0,88)
	Meio	11,1 (±0,38)	25,5 (±0,59)	21,9 (±0,59)	22,23 (±0,50)	19,12 (±0,49)	87,1 (±0,72)
	Ponta	11,9 (±0,56)	17,4 (±0,98)	14,8 (±0,91)	14,09 (±0,43)	11,95 (±0,36)	81,0 (±4,26)
	Colmo Inteiro	11,7 (±0,46)	23,7 (±0,50)	20,2 (±0,52)	20,37 (±0,35)	17,35 (±0,32)	85,5 (±1,29)

\* Números entre parênteses representam o desvio padrão da média

Tabela 4. Média das repetições das análises tecnológicas das partes e do colmo inteiro da variedade SP 83-5073 (V2) de cana-de-açúcar

		Fibra (%)	°Brix (caldo)	°Brix (cana)	Pol (caldo)	Pol (cana)	Pureza (%)
R1	Pé	12,4	24,6	20,7	21,35	17,94	86,6
	Meio	11,1	24,0	20,7	20,71	17,80	86,2
	Ponta	11,1	13,8	11,9	10,00	8,60	72,4
	Colmo Inteiro	11,6	21,7	18,5	18,27	15,55	82,9
R2	Pé	12,5	24,3	20,4	21,30	17,88	87,7
	Meio	10,9	23,9	20,6	20,77	17,92	86,9
	Ponta	12,0	14,1	11,9	10,68	9,04	75,7
	Colmo Inteiro	11,8	21,6	18,3	18,45	15,69	84,4
R3	Pé	12,6	24,6	20,6	21,33	17,87	86,6
	Meio	10,8	24,1	20,8	20,80	17,98	86,3
	Ponta	11,2	13,7	11,8	10,16	8,72	74,2
	Colmo Inteiro	11,6	21,7	18,5	18,34	15,62	83,4
R4	Pé	11,6	25,4	21,7	22,01	18,78	86,6
	Meio	11,1	24,8	21,3	21,24	18,26	85,8
	Ponta	12,9	18,3	15,2	14,61	12,17	79,8
	Colmo Inteiro	11,7	23,4	19,9	19,87	16,93	84,6
R5	Pé	12,6	24,0	20,1	21,45	17,97	89,2
	Meio	11,3	23,9	20,4	20,88	17,89	87,5
	Ponta	11,3	13,9	12,0	10,48	8,98	75,1
	Colmo Inteiro	11,8	21,4	18,2	18,49	15,69	85,1
Média	Pé	12,3 (±0,44)*	24,6 (±0,51)	20,7 (±0,58)	21,49 (±0,30)	18,09 (±0,38)	87,3 (±1,14)
	Meio	11,1 (±0,21)	24,1 (±0,37)	20,8 (±0,32)	20,88 (±0,21)	17,97 (±0,18)	86,5 (±0,68)
	Ponta	11,7 (±0,75)	14,8 (±1,98)	12,6 (±1,51)	11,19 (±1,93)	9,50 (±1,50)	75,5 (±2,73)
	Colmo Inteiro	11,7 (±0,10)	22,0 (±0,80)	18,7 (±0,70)	18,68 (±0,67)	15,90 (±0,38)	84,1 (±0,89)

\* Números entre parênteses representam o desvio padrão da média

Tabela 5. Média das repetições das análises tecnológicas das partes e do colmo inteiro da variedade RB 83-5486 (V3) de cana-de-açúcar

		Fibra (%)	°Brix (caldo)	°Brix (cana)	Pol (caldo)	Pol (cana)	Pureza (%)
R1	Pé	9,9	23,7	20,9	21,92	19,24	92,2
	Meio	10,5	23,2	20,1	21,16	18,37	91,2
	Ponta	13,2	16,4	13,6	10,27	8,52	62,4
	Colmo Inteiro	11,0	21,7	18,8	18,72	16,23	84,4
R2	Pé	10,0	23,7	20,8	21,83	19,13	91,9
	Meio	10,4	23,5	20,5	21,59	18,78	91,6
	Ponta	12,7	18,7	15,6	14,39	12,04	77,0
	Colmo Inteiro	10,8	22,4	19,4	19,88	17,22	88,0
R3	Pé	10,3	24,0	20,9	21,92	19,10	91,2
	Meio	10,1	23,7	20,8	21,32	18,65	89,7
	Ponta	12,9	17,6	14,7	13,20	11,01	75,0
	Colmo Inteiro	10,9	22,3	19,3	19,51	16,91	86,6
R4	Pé	10,1	24,6	21,5	22,54	19,73	91,5
	Meio	10,2	24,3	21,3	22,12	19,30	90,7
	Ponta	13,0	18,3	15,3	15,22	12,67	82,9
	Colmo Inteiro	10,9	22,9	19,9	20,55	17,80	89,1
R5	Pé	10,3	24,5	21,3	22,40	19,51	91,5
	Meio	10,6	24,3	21,0	22,12	19,17	91,0
	Ponta	13,4	18,4	15,2	15,58	12,88	84,7
	Colmo Inteiro	11,2	22,9	19,7	20,59	17,72	89,6
Média	Pé	10,1 (±0,20)*	24,1 (±0,40)	21,1 (±0,32)	22,12 (±0,32)	19,34 (±0,27)	91,6 (±0,39)
	Meio	10,4 (±0,21)	23,8 (±0,49)	20,7 (±0,44)	21,66 (±0,44)	18,85 (±0,38)	90,8 (±0,71)
	Ponta	13,0 (±0,27)	17,9 (±0,91)	14,9 (±0,77)	13,73 (±2,14)	11,42 (±1,78)	76,4 (±8,80)
	Colmo Inteiro	11,0 (±0,16)	22,5 (±0,50)	19,4 (±0,71)	19,85 (±0,78)	17,18 (±0,64)	87,5 (±2,11)

\* Números entre parênteses representam o desvio padrão da média

Tabela 6. Média das repetições das análises de fosfatos das partes e do colmo inteiro da variedade SP 82-3530 (V1) de cana-de-açúcar

		Pt	Pi	Po	Pt	Pi	Po
		(mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / L caldo)			(mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / Kg cana)		
R1	Pé	410,7	374,3	36,4	308,0	280,8	27,3
	Meio	247,8	221,4	26,4	190,7	170,4	20,3
	Ponta	207,4	186,2	21,2	163,8	147,1	16,7
	Colmo Inteiro	298,8	269,9	28,8	228,0	206,0	22,0
R2	Pé	456,5	430,6	25,9	351,0	331,1	20,0
	Meio	324,3	300,2	24,1	252,2	233,4	18,8
	Ponta	236,6	214,8	21,7	186,6	169,4	17,2
	Colmo Inteiro	352,0	327,7	24,2	272,8	254,0	18,8
R3	Pé	454,5	433,1	21,4	346,6	330,3	16,3
	Meio	295,9	275,0	20,9	229,3	213,1	16,2
	Ponta	195,8	175,7	20,1	153,8	138,0	15,8
	Colmo Inteiro	330,3	309,5	20,9	254,4	238,3	16,1
R4	Pé	702,2	676,1	26,0	530,1	510,5	19,6
	Meio	544,3	522,1	22,2	422,1	404,9	17,2
	Ponta	293,7	274,3	19,4	233,0	217,6	15,4
	Colmo Inteiro	540,9	517,9	22,9	415,3	397,6	17,7
R5	Pé	437,7	406,4	31,3	335,8	311,8	24,0
	Meio	298,9	275,5	23,4	233,8	215,5	18,3
	Ponta	208,7	186,4	22,3	167,5	14,96	17,9
	Colmo Inteiro	328,4	302,3	26,1	255,5	235,1	20,4
Média	Pé	492,3	464,1	28,2	374,3	352,8	21,4
		(±118,7)*	(±120,9)	(±5,8)	(±88,7)	(±90,4)	(±4,2)
	Meio	342,3	318,8	23,4	265,6	247,4	18,1
		(±116,3)	(±117,2)	(±2,1)	(±90,3)	(±91,0)	(±1,6)
	Ponta	228,4	207,5	20,9	180,9	164,3	16,6
		(±39,4)	(±40,1)	(±1,2)	(±31,4)	(±31,9)	(±1,0)
	Colmo Inteiro	370,1	345,5	24,6	285,2	266,2	19,0
		(±97,3)	(±98,6)	(±3,0)	(±74,5)	(±75,5)	(±2,3)

\* Números entre parênteses representam o desvio padrão da média

Tabela 7. Média das repetições das análises de fosfatos das partes e do colmo inteiro da variedade SP 83-5073 (V2) de cana-de-açúcar

		Pt	Pi	Po	Pt	Pi	Po
		(mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / L caldo)			(mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / Kg cana)		
R1	Pé	753,9	722,3	31,5	573,7	549,7	24,0
	Meio	631,6	600,2	31,4	492,9	468,4	2405
	Ponta	480,4	454,1	26,3	390,9	369,6	2103
	Colmo Inteiro	639,7	609,5	30,2	497,7	474,2	23,5
R2	Pé	777,5	738,8	38,7	592,1	562,6	29,4
	Meio	548,5	520,2	28,3	430,0	407,8	22,2
	Ponta	391,2	362,6	28,6	31302	290,3	22,9
	Colmo Inteiro	595,1	562,8	32,3	461,6	436,5	25,1
R3	Pé	771,8	725,5	46,3	585,8	550,6	35,1
	Meio	588,8	549,5	39,3	462,3	431,4	30,8
	Ponta	430,8	384,2	46,6	350,3	312,4	37,9
	Colmo Inteiro	617,9	574,2	43,7	480,6	446,4	34,2
R4	Pé	514,9	488,9	26,0	396,7	376,6	20,0
	Meio	400,9	376,9	24,0	312,0	293,4	18,7
	Ponta	267,3	250,2	17,1	207,1	193,8	13,2
	Colmo Inteiro	410,2	387,2	23,0	317,5	299,7	17,8
R5	Pé	757,9	716,6	41,3	576,8	545,4	31,4
	Meio	579,2	543,8	35,4	450,8	423,3	27,5
	Ponta	411,9	382,2	29,7	333,9	309,8	24,0
	Colmo Inteiro	604,4	568,2	36,1	468,8	440,7	28,1
Média	Pé	715,2 (±112,4)*	678,4 (±106,3)	36,7 (±8,0)	545,0 (±83,2)	517,0 (±78,7)	28,0 (±6,0)
	Meio	549,8 (±88,4)	518,1 (±84,1)	31,7 (±5,9)	429,6 (±69,5)	404,8 (±66,2)	24,7 (±4,7)
	Ponta	396,3 (±79,3)	366,7 (±73,8)	29,6 (±10,70)	319,1 (±68,8)	295,2 (±63,9)	23,9 (±8,9)
	Colmo Inteiro	573,4 (±97,8)	540,4 (±87,5)	33,1 (±7,6)	445,2 (±72,7)	419,5 (±68,5)	25,7 (±6,0)

\* Números entre parênteses representam o desvio padrão da média

Tabela 8. Média das repetições das análises de fosfatos das partes e do colmo inteiro da variedade RB 83-5486 (V3) de cana-de-açúcar

		Pt	Pi	Po	Pt	Pi	Po
		(mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / L caldo)			(mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / Kg cana)		
R1	Pé	1040,3	991,7	48,6	831,1	792,2	38,8
	Meio	667,7	634,4	33,3	528,3	502,0	26,4
	Ponta	392,5	364,9	27,6	305,1	283,6	21,4
	Colmo Inteiro	738,6	701,0	37,6	586,0	556,2	29,8
R2	Pé	1497,5	1420,5	77,0	1193,7	1132,4	61,4
	Meio	1158,1	1111,5	46,6	916,6	879,7	36,0
	Ponta	653,3	610,7	42,6	507,3	474,2	33,1
	Colmo Inteiro	1159,2	1102,2	57,0	918,2	873,1	45,1
R3	Pé	1460,8	1389,7	71,1	1155,9	1099,6	56,3
	Meio	1032,5	980,6	51,8	821,7	780,5	41,3
	Ponta	537,4	502,4	34,9	418,0	390,8	27,2
	Colmo Inteiro	1069,3	1014,5	54,8	846,1	802,7	43,4
R4	Pé	1299,3	1238,4	60,9	1030,3	982,0	48,3
	Meio	899,9	857,8	42,1	712,1	678,8	33,3
	Ponta	507,6	473,3	34,3	392,8	366,3	26,5
	Colmo Inteiro	951,6	904,4	47,2	751,6	714,4	37,2
R5	Pé	1011,4	971,1	40,3	798,6	766,8	31,8
	Meio	703,3	666,5	36,8	552,9	524,0	29,0
	Ponta	475,8	445,0	30,8	365,4	341,7	23,7
	Colmo Inteiro	762,0	725,3	36,6	598,2	569,5	28,7
Média	Pé	1261,9 (±228,2)*	1202,3 (±213,2)	59,6 (±15,2)	1001,9 (±181,5)	954,6 (±169,6)	47,3 (±12,1)
	Meio	892,3 (±210,1)	850,2 (±203,5)	42,1 (±7,4)	706,3 (±167,9)	673,0 (±162,6)	33,3 (±6,0)
	Ponta	513,3 (±95,1)	479,3 (±89,5)	34,0 (±5,6)	397,7 (±74,3)	371,3 (±69,9)	26,4 (±4,4)
	Colmo Inteiro	936,1 (±185,1)	889,5 (±175,7)	46,6 (±9,4)	740,0 (±147,4)	703,2 (±140,0)	36,8 (±7,5)

\* Números entre parênteses representam o desvio padrão da média

<b>Homogeneity of Variance Tests</b>		
<b>For Log10(Caldo)</b>		
	<b>Test statistic</b>	<b>Significance</b>
<b>classified by Variedades</b>		
<b>Bartlett's Chi-square Test</b>	1.4919	0.47
<b>Bartlett-Box F Test</b>	0.7466	0.47
<b>Cochran's C (max var / sum var)</b>	1.1771	0.44
<b>Hartley's F (max var / min var)</b>	1.2518	
<b>Levene's F Test</b>	1.9579	0.14
<b>classified by Partes</b>		
<b>Bartlett's Chi-square Test</b>	2.2337	0.33
<b>Bartlett-Box F Test</b>	1.1179	0.33
<b>Cochran's C (max var / sum var)</b>	1.1952	0.38
<b>Hartley's F (max var / min var)</b>	1.3373	
<b>Levene's F Test</b>	2.4806	0.0851
<b>classified by Fosfatos</b>		
<b>Bartlett's Chi-square Test</b>	17.3571	<0.01
<b>Bartlett-Box F Test</b>	8.6869	<0.01
<b>Cochran's C (max var / sum var)</b>	1.4000	0.05
<b>Hartley's F (max var / min var)</b>	2.0561	
<b>Levene's F Test</b>	7.7454	<0.01

Figura 31 - Teste de homogeneidade de variância

<i>General Linear Model</i>					
<i>ANOVA</i>			Dependent Variable: Log10(Caldo)		
Due To	Sum of Squares	DoF	Mean Square	F-Stat	Signif
Constant	1939.145	1	1939.145	673.636	0.0002
Variedades	7.269	2	3.635	420.441	<0.0001
Partes	4.071	2	2.036	235.475	<0.0001
Fosfatos	111.644	2	55.822	6457.486	<0.0001
Variedades x Partes	0.157	4	0.039	4.552	0.0014
Variedades x Fosfatos	0.254	4	0.064	7.347	<0.0001
Partes x Fosfatos	0.382	4	0.095	11.035	<0.0001
Variedades x Partes x Fosfatos	0.021	8	0.003	0.309	0.9624
Explained	130.876	26	5.034	582.297	<0.0001
Error	2.879	333	0.009		
Total	133.754	359	0.373		

Figura 32 - Análise de variância

Nota: a interação tripla não foi significativa (0.9624), mas todas as duplas o foram

<i>General Linear Model</i>					
<i>ANOVA</i>			Dependent Variable: Log10(Cal)		
Due To	Sum of Squares	DoF	Mean Square	F-Stat	Signif
Constant	550.253	1	550.253	15.290	0.0004
Partes	1.295	2	0.648	2.106	0.1263
Explained	1.295	2	0.648	2.106	0.1263
Error	35.987	117	0.308		
Total	37.282	119	0.313		

Figura 33 - Partes do colmo dentro da variedade V1, ignorando fosfatos

Nota: não houve diferença significativa (0.1263) entre partes na variedade V1

<i>General Linear Model</i>					
<i>ANOVA</i>			Dependent Variable: Log10(Cal)		
Due To	Sum of Squares	DoF	Mean Square	F-Stat	Signif
<b>Constant</b>	645.681	1	645.681	15.676	0.0003
<b>Partes</b>	0.824	2	0.412	1.171	0.3138
<b>Explained</b>	0.824	2	0.412	1.171	0.3138
<b>Error</b>	41.188	117	0.352		
<b>Total</b>	42.012	119	0.353		

Figura 34 - Partes do colmo dentro da variedade V2, ignorando fosfatos

Nota: não houve diferença significativa (0.3138) entre partes na variedade V2

<i>General Linear Model</i>					
<i>ANOVA</i>			Dependent Variable: Log10(Cal)		
Due To	Sum of Squares	DoF	Mean Square	F-Stat	Signif
<b>Constant</b>	751.001	1	751.001	16.853	0.0002
<b>Partes</b>	2.109	2	1.054	2.769	0.0669
<b>Explained</b>	2.109	2	1.054	2.769	0.0669
<b>Error</b>	44.561	117	0.381		
<b>Total</b>	46.670	119	0.392		

Figura 35 - Partes do colmo dentro da variedade V3, ignorando fosfatos

Nota: não houve diferença significativa (0.0669) entre partes na variedade V3

<i>General Linear Model</i>					
<i>ANOVA</i>			Dependent Variable: Log10(Cal)		
Due To	Sum of Squares	DoF	Mean Square	F-Stat	Signif
<b>Constant</b>	550.253	1	550.253	218.683	0.0016
<b>Fosfatos</b>	34.766	2	17.383	808.285	<0.0001
<b>Explained</b>	34.766	2	17.383	808.285	<0.0001
<b>Error</b>	2.516	117	0.022		
<b>Total</b>	37.282	119	0.313		

Figura 36 - Fosfatos dentro da variedade V1, ignorando as partes

Nota: houve diferença significativa (<0.0001) entre fosfatos na variedade V1

<i>Tukey-HSD</i>					
For Log10(Cal), classified by Fosfatos					
Fosfatos	Cases	Mean	2	1	3
2	40	1.3804		**	**
1	40	2.5051	**		
3	40	2.5386	**		

Figura 37 - Teste de Tukey para os fosfatos dentro da variedade V1

Nota: o fosfato 2 (orgânico) foi significativamente diferente dos fosfatos 1 (inorgânico) e 3 (total)

<i>General Linear Model</i>					
<i>ANOVA</i>			Dependent Variable: Log10(Cal)		
Due To	Sum of Squares	DoF	Mean Square	F-Stat	Signif
<b>Constant</b>	645.681	1	645.681	333.140	0.0034
<b>Fosfatos</b>	40.074	2	20.037	1209.566	<0.0001
<b>Explained</b>	40.074	2	20.037	1209.566	<0.0001
<b>Error</b>	1.938	117	0.017		
<b>Total</b>	42.012	119	0.353		

Figura 38 - Fosfatos dentro da variedade V2, ignorando as partes

Nota: houve diferença significativa (<0.0001) entre fosfatos na variedade V2

<i>Tukey-HSD</i>					
For Log10(Cal), classified by Fosfatos					
Fosfatos	Cases	Mean	2	1	3
2	40	1.5025		**	**
1	40	2.7148	**		
3	40	2.7415	**		

Figura 39 - Teste de Tukey para os fosfatos dentro da variedade V2

Nota: o fosfato 2 (orgânico) foi significativamente diferente dos fosfatos 1 (inorgânico) e 3 (total)

<i>General Linear Model</i>					
<i>ANOVA</i>			Dependent Variable: Log10(Cal)		
Due To	Sum of Squares	DoF	Mean Square	F-Stat	Signif
<b>Constant</b>	751.001	1	751.001	245.769	0.0005
<b>Fosfatos</b>	43.615	2	21.807	834.976	<0.0001
<b>Explained</b>	43.615	2	21.807	834.976	<0.0001
<b>Error</b>	3.056	117	0.026		
<b>Total</b>	46.670	119	0.392		

Figura 40 - Fosfatos dentro da variedade V3, ignorando as partes

Nota: houve diferença significativa (<0.0001) entre fosfatos na variedade V3

<i>Tukey-HSD</i>					
For Log10(Cal), classified by Fosfatos					
Fosfatos	Cases	Mean	2	1	3
<b>2</b>	40	1.6492		**	**
<b>1</b>	40	2.9163	**		
<b>3</b>	40	2.9395	**		

Figura 41 - Teste de Tukey para os fosfatos dentro da variedade V3

Nota: o fosfato 2 (orgânico) foi significativamente diferente dos fosfatos 1 (inorgânico) e 3 (total)

<i>General Linear Model</i>					
<i>ANOVA</i>			Dependent Variable: Log10(Cal)		
Due To	Sum of Squares	DoF	Mean Square	F-Stat	Signif
<b>Constant</b>	802.161	1	802.161	180.640	0.0001
<b>Fosfatos</b>	49.099	2	24.550	729.751	<0.0001
<b>Explained</b>	49.099	2	24.550	729.751	<0.0001
<b>Error</b>	4.441	132	0.034		
<b>Total</b>	53.540	134	0.400		

Figura 42 - Fosfatos dentro da parte 1 (pé), ignorando as variedades

Nota: houve diferença significativa (<0.0001) entre fosfatos na parte 1 (pé)

<i>Tukey-HSD</i>					
For Log10(Cal), classified by Fosfatos					
Fosfatos	Cases	Mean	2	1	3
<b>2</b>	45	1.5848		**	**
<b>1</b>	45	2.8522	**		
<b>3</b>	45	2.8758	**		

Figura 43 - Teste de Tukey para os fosfatos dentro da parte 1 (pé)

Nota: o fosfato 2 (orgânico) foi significativamente diferente dos fosfatos 1 (inorgânico) e 3 (total)

<i>General Linear Model</i>					
<i>ANOVA</i>			Dependent Variable: Log10(Cal)		
Due To	Sum of Squares	DoF	Mean Square	F-Stat	Signif
<b>Constant</b>	719.548	1	719.548	163.399	0.0001
<b>Fosfatos</b>	45.148	2	22.574	676.659	<0.0001
<b>Explained</b>	45.148	2	22.574	676.659	<0.0001
<b>Error</b>	4.404	132	0.033		
<b>Total</b>	49.552	134	0.370		

Figura 44 - Fosfatos dentro da parte 2 (meio), ignorando as variedades

Nota: houve diferença significativa (<0.0001) entre fosfatos na parte 2 (meio)

<i>Tukey-HSD</i>					
For Log10(Cal), classified by Fosfatos					
Fosfatos	Cases	Mean	2	1	3
<b>2</b>	45	1.4910		**	**
<b>1</b>	45	2.7041	**		
<b>3</b>	45	2.7310	**		

Figura 45 - Teste de Tukey para os fosfatos dentro da parte 2 (meio)

Nota: o fosfato 2 (orgânico) foi significativamente diferente dos fosfatos 1 (inorgânico) e 3 (total)

<i>General Linear Model</i>					
<i>ANOVA</i>			Dependent Variable: Log10(Cal)		
Due To	Sum of Squares	DoF	Mean Square	F-Stat	Signif
<b>Constant</b>	421.508	1	421.508	186.570	0.0032
<b>Fosfatos</b>	24.332	2	12.166	468.501	<0.0001
<b>Explained</b>	24.332	2	12.166	468.501	<0.0001
<b>Error</b>	2.259	87	0.026		
<b>Total</b>	26.592	89	0.299		

Figura 46 - Fosfatos dentro da parte 3 (ponta), ignorando as variedades

Nota: houve diferença significativa (<0.0001) entre fosfatos na parte 3 (ponta)

<i>Tukey-HSD</i>					
For Log10(Cal), classified by Fosfatos					
Fosfatos	Cases	Mean	2	1	3
<b>2</b>	30	1.4291		**	**
<b>1</b>	30	2.5139	**		
<b>3</b>	30	2.5494	**		

Figura 47 - Teste de Tukey para os fosfatos dentro da parte 3 (ponta)

Nota: o fosfato 2 (orgânico) foi significativamente diferente dos fosfatos 1 (inorgânico) e 3 (total)