

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Sazonalidade da produção e características da borracha natural de clones
de seringueira (*Hevea brasiliensis*) em diferentes estádios fenológicos**

Juliano Quarteroli Silva

**Tese apresentada para obtenção do título de Doutor
em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia**

**Piracicaba
2012**

Juliano Quarteroli Silva
Engenheiro Agrônomo

Sazonalidade da produção e características da borracha natural de clones de seringueira
(*Hevea brasiliensis*) em diferentes estádios fenológicos

Orientador:
Prof. Dr. JOÃO ALEXIO SCARPARE FILHO
Co-orientador:
Prof. Dr. PAULO DE SOUZA GONÇALVES

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2012

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP**

Silva, Juliano Quarteroli

Sazonalidade da produção e características da borracha natural de clones de seringueira (*Hevea brasiliensis*) em diferentes estádios fenológicos / Juliano Quarteroli Silva. - Piracicaba, 2012.

121 p: il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2012.

1. Borracha 2. Clonagem 3. Fenologia 4. Nutrientes 5. Seringueira I. Título

CDD 633.895
S586s

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

AGRADECIMENTOS

- À Deus por proporcionar sabedoria e conhecimento;
- Aos meus pais e toda minha família pelo amor e pelas orações;
- À Verónica Lorena Dovia pelo amor e companheirismo;
- À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo pela possibilidade de realização do curso de doutorado;
- Ao meu orientador Prof. João Alexio Scarpare Filho pelos ensinamentos, amizade e dedicação aos alunos;
- Ao meu co-orientador Dr. Paulo de Souza Gonçalves pela confiança, amizade e pelo exemplo de trabalho e amor à pesquisa;
- Aos pesquisadores Erivaldo José Scaloppi Júnior, Gilberto Batista de Souza e Rogério Manoel Biagi Moreno e aos professores Marcos Silveira Bernardes e José Dias Costa pelo auxílio nas análises químicas e planejamento dos experimentos;
- Ao técnico agrícola Marcelo Valente Batista e ao funcionário Antonio Pereira de Andrade pelo auxílio fundamental na sangria do experimento e trabalhos de campo;
- Aos bolsistas de treinamento técnico Natalia Verona e Guilherme dos Santos Barcelos pelo auxílio nas análises laboratoriais e nos trabalhos de campo;
- Ao Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia da ESALQ/USP, em especial à Luciane Aparecida Lopes Toledo e a todos os professores e funcionários do Departamento de Produção Vegetal, pelas orientações e ensinamentos;
- Aos amigos do Programa Seringueira do IAC, em especial à Graziela dos Santos Lima pela dedicação ao projeto;
- À todos os funcionários da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA) - Pólo Regional do Desenvolvimento Tecnológico de Agronegócios do Noroeste Paulista – Votuporanga SP, por colaborarem com o desenvolvimento do projeto;
- Aos funcionários da Divisão de Biblioteca e Documentação da ESALQ/USP pela atenção e pronto atendimento;
- Aos amigos de pós-graduação pelos momentos de alegria e descontração;
- Aos amigos da CATI Regional de Limeira em especial ao diretor Carlos Tessari Habermann pela amizade, incentivo e compreensão.
- À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP pela concessão de auxílio regular a pesquisa (processo 2008/58389-2) para o desenvolvimento do projeto.

“Os primeiros quarenta anos de vida nos dão o
texto; os trinta seguintes, o comentário”

Arthur Schopenhauer

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT.....	11
LISTA DE FIGURAS.....	13
LISTA DE TABELAS.....	17
1 INTRODUÇÃO.....	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.1 Contexto econômico e social da seringueira.....	21
2.2 Estádios fenológicos da seringueira.....	23
2.3 Fatores climáticos e a fenologia da seringueira.....	27
2.4 Sangria e estimulação da seringueira.....	30
2.5 Características e parâmetros de qualidade da borracha natural.....	33
2.6 Conteúdo de nutrientes da borracha natural.....	34
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	39
3.1 Localização e caracterização da área experimental.....	39
3.1.1 Experimento 1 – Piracicaba.....	39
3.1.2 Experimento 2 – Votuporanga.....	39
3.2 Tratamentos.....	40
3.3 Instalação, manejo e condução dos experimentos.....	41
3.4 Observação dos estádios fenológicos.....	43
3.5 Delineamento experimental.....	45
3.6 Variáveis analisadas.....	45
3.6.1 Produção de borracha.....	45
3.6.2 Teor de cinzas da borracha.....	46
3.6.3 Teores de macronutrientes e micronutrientes da borracha.....	46
3.7 Exportação de nutrientes.....	46
3.8 Parâmetros climáticos.....	47
3.9 Análise de solo.....	47
3.10 Análise estatística.....	49
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
4.1 Experimento 1 – Piracicaba.....	51
4.1.1 Produtividade anual, parâmetros climáticos, estádios fenológicos da seringueira.....	51

4.1.2 Análise de variância dos dados de produção, cinzas e macro e micronutrientes da borracha natural	54
4.1.3 Produção e caracterização química da borracha natural do clone GT 1 em função dos sistemas de sangria e estádios fenológicos.....	59
4.1.4 Produção e caracterização química da borracha natural do clone IAN 873 em função dos sistemas de sangria e estádios fenológicos.....	63
4.1.5 Produção e caracterização química da borracha natural do clone PB 235 em função dos sistemas de sangria e estádios fenológicos.....	67
4.1.6 Produção e caracterização química da borracha natural do clone RRIM 600 em função dos sistemas de sangria e estádios fenológicos.....	71
4.2 Experimento 2- Votuporanga.....	75
4.2.1 Produtividade anual, parâmetros climáticos e estádios fenológicos da seringueira...	75
4.2.2 Análise de variância dos dados de produção, cinzas e macro e micronutrientes da borracha natural.....	78
4.2.3 Produção e caracterização química da borracha natural do clone GT 1 em função dos sistemas de sangria e estádios fenológicos.....	83
4.2.4 Produção e caracterização química da borracha natural do clone IAN 873 em função dos sistemas de sangria e estádios fenológicos.....	87
4.2.5 Produção e caracterização química da borracha natural do clone PB 235 em função dos sistemas de sangria e estádios fenológicos.....	91
4.2.6 Produção e caracterização química da borracha natural do clone RRIM 600 em função dos sistemas de sangria e estádios fenológicos.....	95
4.3 Exportação de nutrientes pela borracha natural de clones de seringueira submetidos a diferentes sistemas de sangria.....	99
4.4 Considerações gerais.....	103
5 CONCLUSÕES.....	109
REFERÊNCIAS.....	111
ANEXOS.....	119

RESUMO

Sazonalidade da produção e características da borracha natural de clones de seringueira (*Hevea brasiliensis*) em diferentes estádios fenológicos

O conhecimento das diferentes fases do ciclo básico de vida da espécie vegetal constitui uma ferramenta eficaz de manejo e que uma vez identificados possibilita alcançar boas produtividades e melhor qualidade ao produto comercial. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho produtivo e as características químicas da borracha de quatro clones de seringueira, sob diferentes sistemas de sangria, estádios fenológicos e condições edafoclimáticas. O experimento foi instalado na área experimental do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da ESALQ/USP, no município de Piracicaba, SP (22°42'30"S, 47°38'00"W) e na Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA) - Pólo Regional do Desenvolvimento Tecnológico de Agronegócios do Noroeste Paulista, no município de Votuporanga, SP (20°20'S, 49°50'W). O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados em esquema parcela subdividida com três ou quatro réplicas. Os tratamentos principais (clones GT 1, PB 235, IAN 873 e RRIM 600) foram alocados nas parcelas e os tratamentos secundários (sistemas de sangria: 1/2S d/2; 1/2S d/4 ET 2,5%; 1/2S d/7 ET 2,5%) constituíram as subparcelas. As variáveis analisadas foram: produção de borracha seca, teores de cinzas e de macronutrientes e micronutrientes da borracha natural. As amostras de borracha natural foram obtidas nos estádios fenológicos: refohamento; folhas maduras e senescência de folhas. Concluiu-se que a produção e as características da borracha são influenciadas pelas condições edafoclimáticas, pelos sistemas de sangria dependendo do estágio fenológico. A produção e os teores de nutrientes são mais influenciados pela prática de sangria do que pelo material genético, no estágio de senescência e em condições restritivas para a planta.

Palavras-chaves: Fenologia da seringueira; Nutrientes da borracha; Sistemas de exploração

ABSTRACT

Seasonality of the yield and characteristics of natural rubber of rubber tree clones (*Hevea brasiliensis*) in different phenological stages

The knowledge of the different phases of the basic life cycle of plant species is an effective tool of management and that once identified possible to obtain good yields and better quality to the commercial product. The objective of this work was to evaluate the yield performance and chemical characteristics of the rubber of four rubber tree clones under different tapping systems, phenological stages and edaphoclimatic conditions. The experiment was carried in experimental area of the Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da ESALQ/USP, Brazil (22°42'30``S, 47°38'00``W) and in Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA) - Pólo Regional do Desenvolvimento Tecnológico de Agronegócios do Noroeste Paulista, in Votuporanga city São Paulo State, Brazil (20 ° 20'S, 49 ° 50'W). The experimental design was in randomized block design with split plot and three or four replicates. The main treatments (GT 1, PB 235, IAN 873 and RRIM 600 clones) were allocated in the plots and secondary treatments (tapping systems: ½S d/2; ½S d/4 ET 2.5%; ½ S d/7 ET 2.5%) constituted the subplots. The analyzed variables were: dry rubber yield, ash content, macronutrients and micronutrients of the natural rubber. Samples of natural rubber were obtained in the phenological stages: leaves development, mature leaves and leaves senescence. It was concluded that the yield and chemical characteristics of the rubber are influenced by the edaphoclimatic conditions, by the tapping systems and depending of the phenological stages. The yield and nutrients content of natural rubber is more influenced by the tapping practice than the genetic material in the leaves senescence stage and under restrictive conditions for the plant.

Keywords: Phenology of rubber tree; Rubber nutrients; Exploitation systems

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Marcação de ramos dos tratamentos utilizados no experimento do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da ESALQ/USP, no estádio de desfolhamento natural.....	41
Figura 2 –	Detalhe da marcação das árvores do experimento.....	42
Figura 3 –	Estádios fenológicos observados em clones de seringueira sob diferentes sistemas de sangria, nos municípios de Piracicaba e Votuporanga, SP.....	44
Figura 4 –	Produção de clones de seringueira (GT 1, IAN 873, PB 235, RRIM 600), balanço hídrico, parâmetros climáticos (temperatura média e precipitação) e estádios fenológicos (refolhamento, folhas maduras e senescência) observados, no município de Piracicaba SP.....	53
Figura 5 –	Médias de produção e cinzas da borracha natural do clone GT 1 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Piracicaba SP.....	60
Figura 6 –	Médias dos teores de macronutrientes da borracha natural do clone GT 1 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Piracicaba SP.....	61
Figura 7 –	Médias dos teores de micronutrientes da borracha natural do clone GT 1 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Piracicaba SP.....	62
Figura 8 –	Médias de produção e cinzas da borracha natural do clone IAN 873 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Piracicaba SP.....	64
Figura 9 –	Médias dos teores de macronutrientes da borracha natural do clone IAN 873 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Piracicaba SP.....	65
Figura 10 –	Médias dos teores de micronutrientes da borracha natural do clone IAN 873 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Piracicaba SP.....	66
Figura 11 –	Médias de produção e cinzas da borracha natural do clone PB 235 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Piracicaba SP.....	68
Figura 12 –	Médias dos teores de macronutrientes da borracha natural do clone PB 235 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Piracicaba SP.....	69

Figura 13 – Médias dos teores de micronutrientes da borracha natural do clone PB 235 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Piracicaba SP.....	70
Figura 14 – Médias de produção e cinzas da borracha natural do clone RRIM 600 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Piracicaba SP.....	72
Figura 15 – Médias dos teores de macronutrientes da borracha natural do clone RRIM 600 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Piracicaba SP.....	73
Figura 16 – Médias dos teores de micronutrientes da borracha natural do clone RRIM 600 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Piracicaba SP.....	74
Figura 17 – Produção de clones de seringueira (GT 1, IAN 873, PB 235, RRIM 600), balanço hídrico, parâmetros climáticos (temperatura média e precipitação) e estádios fenológicos (refolhamento, folhas maduras e senescência) observados, no município de Votuporanga SP.....	77
Figura 18 – Médias de produção e cinzas da borracha natural do clone GT 1 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Votuporanga SP.....	84
Figura 19 – Médias dos teores de macronutrientes da borracha natural do clone GT 1 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Votuporanga SP.....	85
Figura 20 – Médias dos teores de micronutrientes da borracha natural do clone GT 1 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Votuporanga SP.....	86
Figura 21 – Médias de produção e cinzas da borracha natural do clone IAN 873 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Votuporanga SP.....	88
Figura 22 – Médias dos teores de macronutrientes da borracha natural do clone IAN 873 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Votuporanga SP.....	89
Figura 23 – Médias dos teores de micronutrientes da borracha natural do clone IAN 873 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Votuporanga SP.....	90
Figura 24 – Médias de produção e cinzas da borracha natural do clone PB 235 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Votuporanga SP.....	92

Figura 25 – Médias dos teores de macronutrientes da borracha natural do clone PB 235 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Votuporanga SP.....	93
Figura 26 – Médias dos teores de micronutrientes da borracha natural do clone PB 235 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Votuporanga SP.....	94
Figura 27 – Médias de produção e cinzas da borracha natural do clone RRIM 600 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Votuporanga SP.....	96
Figura 28 – Médias dos teores de macronutrientes da borracha natural do clone RRIM 600 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Votuporanga SP.....	97
Figura 29 – Médias dos teores de micronutrientes da borracha natural do clone RRIM 600 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Votuporanga SP.....	98
Figura 30 – Biplot mostrando a relação entre produção de borracha seca, teor de cinzas, macro e micronutrientes da borracha natural de clones de seringueira, nos estádios de refohamento, folhas maduras e senescência, nos municípios de Piracicaba e Votuporanga, SP.....	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Sugestões de sistemas de sangria para quatro clones de seringueira, na região do planalto paulista.....	32
Tabela 2 - Resultado da análise de solo do experimento do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da ESALQ/USP, Piracicaba SP.....	48
Tabela 3 - Resultado da análise de solo do experimento da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA) - Pólo Regional do Desenvolvimento Tecnológico de Agronegócios do Noroeste Paulista, Votuporanga, SP.....	48
Tabela 4 - Transformações de dados utilizadas nas variáveis mensuradas em diferentes estádios fenológicos de clones de seringueira, nos municípios de Piracicaba e Votuporanga, SP.....	49
Tabela 5 - Quadrados médios da análise de variância e média geral da produção (gramas de borracha seca árvore ⁻¹ sangria ⁻¹), cinzas e teores de macro e micronutrientes da borracha seca, no estádio de refoalhamento de quatro clones de seringueira sob três sistemas de sangria, no município de Piracicaba SP.....	56
Tabela 6 - Quadrados médios da análise de variância e média geral da produção (gramas de borracha seca árvore ⁻¹ sangria ⁻¹), cinzas e teores de macro e micronutrientes da borracha seca, no estádio de folhas maduras de quatro clones de seringueira sob três sistemas de sangria, no município de Piracicaba SP.....	57
Tabela 7 - Quadrados médios da análise de variância e média geral da produção (gramas de borracha seca árvore ⁻¹ sangria ⁻¹), cinzas e teores de macro e micronutrientes da borracha seca, no estádio de senescência de folhas de quatro clones de seringueira sob três sistemas de sangria, no município de Piracicaba SP.....	58
Tabela 8 - Quadrados médios da análise de variância e média geral da produção (gramas de borracha seca árvore ⁻¹ sangria ⁻¹), cinzas e teores de macro e micronutrientes da borracha seca, no estádio de refoalhamento de quatro clones de seringueira sob três sistemas de sangria, no município de Votuporanga SP.....	80
Tabela 9 - Quadrados médios da análise de variância e média geral da produção (gramas de borracha seca árvore ⁻¹ sangria ⁻¹), cinzas e teores de macro e micronutrientes da borracha seca, no estádio de folhas maduras de quatro clones de seringueira sob três sistemas de sangria, no município de Votuporanga SP.....	81

Tabela 10 - Quadrados médios da análise de variância e média geral da produção (gramas de borracha seca árvore ⁻¹ sangria ⁻¹), cinzas e teores de macro e micronutrientes da borracha seca, no estágio de senescência de folhas de quatro clones de seringueira sob três sistemas de sangria, no município de Votuporanga SP.....	82
Tabela 11 - Exportação de nutrientes pela borracha natural de quatro clones de seringueira submetidos a três sistemas de sangria, no município de Piracicaba SP.....	101
Tabela 12 - Exportação de nutrientes pela borracha natural de quatro clones de seringueira submetidos a três sistemas de sangria, no município de Votuporanga SP.....	102

1 INTRODUÇÃO

A *Hevea brasiliensis* (Willd. ex ADR. de Juss.) Muell.-Arg. é a principal fonte de borracha natural do mundo que é considerada matéria-prima estratégica para o progresso da humanidade, visto a utilização na fabricação de inúmeros produtos essenciais. Devido suas características físico-químicas, a borracha natural possui qualidades que não podem ser obtidas em polímeros produzidos artificialmente, portanto em inúmeros casos não pode ser substituída. Atualmente vem ocorrendo uma valorização e maior utilização de materiais naturais e para garantir a sustentabilidade na utilização destas matérias-primas faz-se necessário o profundo conhecimento das práticas de manejo da espécie em questão.

Assim, o estudo do ciclo de produção da espécie vegetal constitui uma ferramenta eficaz de manejo que possibilita identificar o estágio ao qual se encontram associadas as necessidades agronômicas. Uma vez atendidas, estas permitirão o desenvolvimento e a exploração adequada e, conseqüentemente, bons rendimentos à cultura e melhor qualidade ao produto comercial. É importante ressaltar que na identificação desses estágios devem ser considerados todos os fatores que afetam o desenvolvimento da cultura, sejam relacionadas às práticas culturais ou às condições do ambiente.

Os estudos sobre produtividade e característica da matéria-prima, para a maioria das culturas, são associados com os estágios de floração e a frutificação, pois os frutos constituem o produto principal na colheita. Em contrapartida, na heveicultura o produto explorado é essencialmente vegetativo, portanto a correlação destas características com os estágios fenológicos é focalizada essencialmente na sazonalidade da folhagem.

No estudo com o ciclo de produção da seringueira, um problema é não se considerar a influência da exploração na quantidade, na qualidade da borracha obtida e na exportação de nutrientes. Com relação ao sistema de sangria adotado, é sabidamente conhecido que sendo um dreno induzido, o mesmo influencia na partição de fotoassimilados e conseqüentemente no desenvolvimento da planta e na produção e características da borracha obtida. Quanto à essas variáveis, diversos estudos as correlacionam com a idade cronológica da cultura, mas a despeito da correlação considerando os diferentes estágios fenológicos, pouca importância é dada.

O objetivo deste estudo foi quantificar e caracterizar a borracha natural de clones de seringueira submetidos a diferentes sistemas de sangria, em função dos estágios fenológicos em duas regiões com condições edafoclimáticas distintas, no Estado de São Paulo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Contexto econômico e social da seringueira

A produção mundial de borracha natural em 2011 foi de 10,97 milhões de toneladas (INTERNATIONAL RUBBER STUDY GROUP - IRSG, 2012a). Dessa quantidade, mais de 80% foi originária de países do sudeste asiático, tais como Tailândia, Indonésia e Malásia que juntos contribuíram com mais de 50% da produção mundial.

No contexto nacional, a produção de borracha no ano de 2011 foi de 135 mil toneladas e um consumo de 350,4 mil toneladas, gerando um déficit de 219,4 mil toneladas (IRSG, 2012a,b). Portanto, a produção nacional atende apenas um terço da demanda industrial brasileira.

Com relação ao Estado de São Paulo, em 1990 a produção era de 5 mil toneladas. Ao longo de 20 anos houve um aumento significativo da produção, atingindo em 2010, um total de aproximadamente 65 mil toneladas de borracha natural, que representam aproximadamente 50% da produção nacional (COMISSÃO TÉCNICA DA SERINGUEIRA, 2010).

Segundo a Coordenadoria de Assistência Técnica Integral – CATI (2011) em 1997 o Estado de São Paulo contava com 40.127 hectares de seringueira. No último levantamento de 2008, estimou-se mais de 76.000 hectares, abrangendo mais de 4.300 unidades de produção, ou seja, um aumento de quase 90% da área plantada. Deste total, existem 51.788 ha em produção e 24.296 ha com novos plantios. Espera-se que quando todos os seringais paulistas estiverem em produção, a safra será de aproximadamente 125 mil toneladas de borracha.

De acordo com a Associação Paulista de Produtores e Beneficiadores de Borracha - APABOR (2011), o preço médio do quilo do coágulo (DRC 53%) pago ao produtor em 2010 foi de R\$ 2,61. Já o preço médio pago às usinas de beneficiamento pelo quilo do granulado escuro brasileiro (GEB 1) foi de R\$ 6,10. Considerando a produção de 132 mil toneladas de borracha seca processada em 2010 do tipo GEB 1, comercializadas ao preço médio de R\$ 6.102,50 por tonelada, estima-se um faturamento do setor de beneficiamento da ordem de R\$ 804.919.750,00. De acordo com a Câmara Setorial da Cadeia Produtiva da Borracha Natural (2006), o crescimento desse setor depende diretamente da expansão da área cultivada com seringueira e, portanto do aumento da produção nacional de borracha natural. Se a taxa de crescimento do consumo permanecer em torno de 5% ao ano, o Brasil estará consumindo aproximadamente 1 milhão de toneladas de borracha natural por volta de 2030. Isto

propiciaria ao setor de beneficiamento aumentar em dez vezes a sua capacidade instalada, bem como o seu faturamento e a geração de empregos, nos próximos 20 anos.

Com relação ao Setor Industrial em 2010, as nove empresas associadas à Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos - ANIP produziram 67,3 milhões de unidades, com um crescimento de 15% em relação à produção de 2009 (ANIP, 2011).

Ainda analisando este setor, de acordo com a Associação Brasileira de Artefatos de Borracha – ABIARB (2011) existem 121 indústrias associadas no estado de São Paulo. Essas empresas consomem matérias-primas e insumos, cuja produção nacional mostra-se insuficiente para atendimento ao mercado consumidor, que inclui a fabricação de pneumáticos. A atividade artefatista é responsável pela absorção de 20 a 25% da borracha natural e de 27 a 30% das borrachas sintéticas. Atualmente, 65% destas indústrias estão localizadas no Estado de São Paulo e as empresas por elas representadas são aproximadamente 900. A produção anual dos acabados é estimada em 126.000 toneladas.

Devido ao grande déficit de borracha natural no país e um mercado ávido a absorver a produção, o Estado de São Paulo apresenta todas as condições para suprir essa oferta de borracha.

Com relação ao aspecto social, a extração do látex da seringueira por ser uma operação totalmente manual e realizada em ambiente agradável, fixa o homem ao campo. Atualmente, a participação da mão-de-obra no custo total é da ordem de 20% a 30% na fase de formação do seringal e de 30% a 60% na fase de produção, dependendo do sistema de sangria adotado. Do ponto de vista da renda mensal, um módulo de 3,0 hectares possibilita ganhos que variam de 2,0 a 4,0 salários mínimos na fase de reembolso do investimento e 4,0 a 6,0 salários na fase subsequente (VIRGENS-FILHO, 2007).

Ainda com relação à mão-de-obra para sangria, atualmente um dos principais problemas encontrados na heveicultura do Estado de São Paulo é o alto custo da extração de borracha (aproximadamente 60% do custo total de produção) e a necessidade de mão-de-obra especializada, que a cada dia se torna mais escassa. Em locais onde a disponibilidade de mão-de-obra qualificada é insuficiente para atender a demanda, há uma tendência de adoção de sistemas de exploração com frequências de sangrias reduzidas. Isto possibilita a maximização dos serviços dos trabalhadores, obtendo-se, assim, aumento da produção por unidade de área e conseqüentemente maior rendimento financeiro líquido (SILVA, 2008).

Olivette et al. (2011a) analisando várias particularidades da heveicultura paulista com relação aos aspectos sociais destacaram a capacidade de gerar empregos permanentes, com ênfase para a agricultura familiar, bem como o caráter intensivo no emprego de mão-de-obra,

por sua extração não ser mecanizada. Constataram também, que essa atividade tem como característica a existência de dois sistemas de ocupação no Estado de São Paulo: a parceria e o emprego com registro em carteira. Foram realizadas três projeções nesse estudo: a primeira sem alteração na produtividade de 97 mil ha em 2010 para 430,6 mil em 2030; a segunda com alteração na produtividade de 96,9 mil para 410,6 mil ha; e a última prospecção considerou que a produtividade irá evoluir nos mesmos patamares no período de 1996 a 2008 (2,23% a.a). Nesse estudo, estimou-se que em 2010, a heveicultura demandou cerca de 21,8 mil trabalhadores e as tendências verificadas foram de 143,6 mil, 136,9 mil e 61,3 mil empregos em 2030 para a primeira, segunda e terceira projeções, respectivamente.

Olivette et al. (2011b) também avaliaram a tendência de ocupação de mão-de-obra na agricultura paulista nos cultivos da cana-de-açúcar, eucalipto e seringueira. Os autores concluíram que dentre as explorações analisadas, somente a seringueira manteria a tendência de demanda exclusiva por mão-de-obra, enquanto para as demais, as inovações tecnológicas afetariam em diferentes escalas a utilização de trabalhadores, especialmente no caso da cana-de-açúcar que já está sofrendo esse processo. Para o setor florestal, vêm sendo adotada cada vez mais a mecanização tanto no plantio como na colheita. Portanto, estima-se que a heveicultura paulista é potencial absorvedora da mão-de-obra de outras atividades agrícolas.

Quanto à mão-de-obra em outros setores da cadeia produtiva da borracha, a geração de empregos diretos pelo setor industrial, nos pontos de venda foi de aproximadamente 40 mil, nas indústrias de 24,5 mil, além de aproximadamente 100 mil empregos indiretos (ANIP, 2011). No setor artefata, estima-se mais de 60.000 empregos diretos no Brasil e 28.000 em São Paulo (registrados) que, por sua vez, geram a ocupação indireta de 100.000 profissionais.

2.2 Estádios fenológicos da seringueira

Fenologia refere-se à parte da botânica que estuda as diferentes fases do crescimento e desenvolvimento das plantas, tanto a vegetativa (germinação, emergência, crescimento da parte aérea e das raízes) como a reprodutiva (florescimento, frutificação e maturação do fruto), demarcando-lhes as épocas de ocorrência e as respectivas características (CÂMARA, 2006).

Já Dourado Neto e Fancelli (2000) definem fenologia como o estudo dos eventos periódicos da vida vegetal em vista da sua reação às condições do ambiente e sua correlação com os aspectos morfológicos da planta.

De acordo com Grassi (2008), a fenologia de plantas perenes vem sendo utilizada no Brasil para ampliar os conhecimentos em silvicultura, medicina popular, melhoramento genético, agrometeorologia, ecologia, paisagismo, turismo, manejo correto de culturas e em outras áreas afins, assim como na preservação e planificação dos ecossistemas tropicais. Em plantas frutíferas este autor ressalta a importância do estabelecimento dos estádios fenológicos quanto à melhor gerência do pomar e quanto ao sincronismo de práticas culturais como raleio de frutos, aplicação de reguladores de crescimento ou tratamentos para controlar pragas, doenças e desordens fisiológicas.

Para evitar dificuldades de comunicação ou ambigüidade de interpretação, foi proposta a adoção dos seguintes significados de termos comumente empregados no estudo de estádios fenológicos da seringueira, segundo Moraes (1983):

- Senescência foliar: envelhecimento natural e perda de funcionalidade das folhas, refletindo-se visualmente pela mudança da coloração para tons amarelos ou avermelhados, dependendo do clone. Em seguida à senescência, verifica-se a queda das folhas. A camada de abscisão, por onde o pecíolo se destaca, começa a formar-se cerca de um mês antes dos sinais visíveis da senescência. Têm-se encontrado evidências de que o ataque severo de insetos sugadores, e, provavelmente também ácaros, pode provocar sintomas semelhantes ao da senescência natural seguidos de queda gradual de parte dos folíolos.
- Desfolhamento natural: queda das folhas senescentes.
- Refolhamento natural: brotação e desenvolvimento de novos fluxos de folhas até o estágio maduro, após o período de hibernação.
- Desfolhamento acidental: pode ser provocada pelo mal-das-folhas (*Microcyclus ulei*), mancha-areolada (*Thanatephorus cucumeris*), queima-das-folhas (*Phytophthora* sp.), em seguida ao refolhamento; em folhas maduras por ataque de *Phytophthora* sp. ou insetos sugadores e ácaros. Nas folhas jovens de lançamentos esporádicos, denomina-se emponteiramento. Pode também haver perda de folhas jovens pelo ataque de mandarová (*Erinnyis ello*). Em folhas maduras torna-se, portanto necessário verificar a ocorrência

de lesões provocadas por insetos, como, também, a presença destes parasitando as folhas ainda presas às plantas.

- Refolhamento de recuperação: emissão de novos fluxos foliares após um desfolhamento acidental.
- Hibernação: fase compreendida entre a senescência e queda das folhas e o início do refolhamento. O termo é empregado para a seringueira em inglês “wintering” e em francês “hivernage”, em analogia com o que ocorre na maioria das angiospermas de clima temperado, embora na seringueira e outras espécies caducifólias tropicais seja justamente a fase de organogênese mais ativa.
- Lançamentos esporádicos: são os lançamentos que ocorrem fora do período de hibernação e refolhamento.
- Período de hibernação na população: período do ano durante o qual, na população em estudo, são encontradas árvores de um mesmo clone desprovidas de folhas.
- Escalonamento da hibernação na população: intervalo de tempo entre o começo da hibernação nas árvores mais precoces e nas mais tardias de um mesmo clone.
- Hibernação compacta na população: a que ocorre com escalonamento prolongado, podendo, em alguns casos, ser devida à mistura de clones.
- Escalonamento do refolhamento na população: definida de modo análogo ao feito para a hibernação. Tem-se, portanto também um refolhamento compacto, ou gradual.
- Escalonamento individual da hibernação: intervalo de tempo entre o início da hibernação e o início do refolhamento em uma mesma planta. Pode também ser compacto ou gradual. Em certos casos, alguns ramos já estão em refolhamento enquanto outros apenas apresentam o início da senescência. A planta, portanto não apresenta fase de completo desfolhamento. Essa ocorrência é comum nos híbridos *H. brasiliensis* x *H. benthamiana*, particularmente em locais onde os fatores que determinam a senescência

das folhas não atuam de modo intenso. Uma hibernação individual gradual corresponde, conseqüentemente, à uma hibernação gradual na população, mas a recíproca pode não ser verdadeira, isto é, a hibernação individual pode ser compacta mas haver grande diferença individual de entrada em hibernação.

- Hibernação secundária: queda natural das folhas fora do período de hibernação principal, devido à ocorrência de um segundo período seco, de menor intensidade, geralmente em latitudes inferiores a 4° coincidindo com fotoperíodos mais curtos. Nesse caso, a hibernação é gradual e sem desfolhamento total, geralmente acompanhada de floração secundária. Segue-se o refohamento secundário, que difere dos lançamentos esporádicos, nos quais não ocorre prévia senescência foliar.

Devido à sua importância prática, de acordo com Moraes (1983), no estudo de fenologia da seringueira deve-se incluir o registro de ocorrências cuja natureza não é propriamente fisiológica. Trata-se do emponteiramento, do desfolhamento secundário e do refohamento de recuperação. Segundo esse mesmo autor, as fases propostas para registro são as seguintes:

- a- Folhas maduras;
- b- Senescência e desfolhamento natural;
- c- Planta totalmente desfolhada;
- d- Refolhamento natural;
- e- Lançamentos esporádicos;
- f- Emponteiramento secundário;
- g- Desfolhamento secundário;
- h- Refolhamento de recuperação;
- i- Hibernação secundária;
- j- Floração;
- k- Deiscência dos frutos.

De acordo com a classificação de Hallé, Oldeman e Tomlinson (1978), os estádios foliares da seringueira podem ser definidos em A, B (B₁ e B₂), C e D, de acordo com a ontogenia foliar, representando-os na forma de diagrama e por meio das características descritivas a seguir:

- Estádio A: gema apical anteriormente em repouso, em atividade de divisão celular e morfogênese (formação de primórdios foliares e de gemas axilares). Esse estágio dura, em média nove dias.
- Estádio B – fase de alongamento. A atividade mitótica no meristema apical propriamente dita reduz a partir da fase inicial do alongamento. Esse estágio dura, em média dez dias e apresenta dois subestádios:
 - B₁ – folíolos na posição vertical com ápice voltado para cima, fortemente carregados com antocianina.
 - B₂ – ápices dos folíolos voltados para baixo, coloração antociânica menos intensa. Esta é a fase de maior velocidade de alongamento do eixo caulinar.
- Estádio C – folíolos pendentes, flácidos e de cor verde. A duração é de cerca de oito dias.
- Estádio D – fase de dormência da gema apical com folhas totalmente amadurecidas. Esta fase dura geralmente treze dias sob condições normais de crescimento ativo.

2.3 Fatores climáticos e a fenologia da seringueira

Segundo Ortolani et al. (1998), os estudos que não consideram a fenologia da seringueira resultam em baixas correlações das variáveis com os fatores climáticos e não caracterizam as influências energéticas e hídricas sazonais sobre a produção. De acordo com esses mesmos autores, a sazonalidade da folhagem da seringueira na fase adulta é determinada pelo clima. Em áreas heveícolas não tradicionais, em latitude 19° a 23° S, no Estado de São Paulo, essa periodicidade compreende a senescência, com área foliar mínima entre agosto e setembro. A partir do refohamento e florescimento em setembro-outubro, a planta usa grande quantidade de energia para a reconstrução foliar, resultando em baixa produção de látex. A partir de novembro, em geral, a seringueira atinge área foliar máxima, iniciando-se a frutificação até o final de fevereiro quando se dá a deiscência dos frutos. A partir de março e se estendendo até aproximadamente junho, a planta dispõe do máximo de energia sem outros drenos para competir com a produção de látex.

Segundo Gasparotto et al. (1997) a característica de sazonalidade foliar é típica de *H. brasiliensis* e *H. benthamiana*, enquanto que *H. pauciflora* e *H. spruceana* apresentam hábito perenifólia, ou seja, retêm a folhagem do ano anterior até após o novo refohamento. Ainda de

acordo com Gasparotto et al. (1997), a senescência das folhas de plantas adultas de seringueira, em geral, ocorre no início da estação seca e quanto mais rápido e pronunciado o decréscimo das chuvas, mais rápida e uniforme será a senescência e queda das folhas.

Segundo Moraes (1980), a ação conjugada de dias curtos e de déficit hídrico conduz a senescência simultânea, rápida e completa em seringueira, ocorrendo o oposto quando esses fatores atuam em níveis intermediários ou em sentidos opostos. Ainda de acordo com esse autor essas inferências referem-se a clones de *H. brasiliensis*. Já os híbridos de *H. brasiliensis* x *H. benthamiana* apresentam senescência tardia e mais escalonada, enquanto que híbridos de *H. brasiliensis* x *H. pauciflora* apresentam queda das folhas e emissão de novos lançamentos durante todo o ano.

Priyadarshan, Sasikumar e Gonçalves (2001) relatam que variações climáticas induzem manifestações significativas no ciclo das plantas como senescência foliar e refolhamento, florescimento e frutificação. Estes autores citam, como exemplo, o cultivo da seringueira ao norte e ao sul da linha do equador, onde a expressão fenológica acontece em momentos opostos. Enquanto que no nordeste da Índia o desfolhamento da seringueira ocorre de dezembro a janeiro e o refolhamento de fevereiro a março, no sudeste brasileiro o desfolhamento e refolhamento ocorrem em agosto-setembro e setembro-outubro, respectivamente. Estas evidências de alterações na fenologia em função do clima, também podem ser observadas em estudos com diferentes espécies no International Phenological Gardens - IPG (MENZEL, 2000).

Nos climas tropicais, onde ocorrem elevadas temperatura e intensidade luminosa, as árvores de seringueira produzem borracha durante todo o ano, com acentuada redução no período de desfolha e refolhamento, quando a fotossíntese é restrita. Nas plantas enfolhadas, como ocorre continuamente uma alta taxa fotossintética, a produção de borracha acontece a partir do excesso de fotossintetizados, canalizados para a via terpenóide de síntese da borracha (RIGHI et al., 2001). Yeang e Paranjothy (1982) observaram que a correlação entre produção de borracha e densidade da copa foi alterada negativamente no refolhamento. O período de menor produção ocorreu quando as folhas jovens estavam se desenvolvendo e competindo por fotoassintetizados. Além disso, Bernardes et al. (2000) cita que além da competição por fotoassintetizados há evidências de que o índice de tamponamento aumenta durante as emissões de folhas, causando redução no fluxo de látex.

Portanto, uma desfolha fora de época pode causar interrupção de produção do seringal, dada a alta correlação entre o índice de área foliar (IAF) e a produção de borracha (RIGHI et al., 2001). Segundo esses autores, o IAF representa quantitativamente os estádios fenológicos

da folhagem da seringueira e há correlação positiva entre IAF e produção de borracha, exceto durante o período de refohamento. Além disso, plantas com potencial genético voltado à produção apresentam correlação linear desta com a luminosidade. A seringueira é um eficiente conversor de energia solar em fotoassintetizados, porém a partição destes varia muito entre os diferentes clones existentes e seus estádios fenológicos (CASTRO; VIRGENS-FILHO, 1986).

Para Camargo (1959), dentre os fatores climáticos que condicionam a adaptação de uma planta a determinada região, pode-se destacar três como mais importantes: a temperatura, a umidade e a luminosidade, sendo que a temperatura ou fator térmico ocupa o primeiro lugar. Segundo esse autor, ao considerar o fator térmico, as temperaturas médias anuais dão geralmente indicações bastante úteis definindo razoavelmente bem suas condições. Porém, com relação ao fator hídrico, os critérios baseados nos totais pluviométricos anuais sem levar em conta sua distribuição no curso do ano e as necessidades reais de umidade, induzem erros de interpretação.

De acordo com Ortolani et al. (2000) o balanço hídrico estabelece melhor as aptidões para o cultivo da seringueira, visto que em seu cálculo estima a demanda hídrica da cultura e no cômputo com a chuva identifica melhor a disponibilidade hídrica ao longo das estações. Camargo (1959) considera o limite máximo anual de 150 mm de deficiência hídrica para a regionalização de plantio.

As variações de produção sazonal ao longo do ciclo anual da planta também estão relacionadas a temperatura do ar e seus valores extremos. Ortolani et al. (2000) indicam os valores extremos de 40° e 10°C como limitantes à fotossíntese da seringueira e consideram temperaturas de 22° a 28°C como limites a partir dos quais a produção de látex decresce. Jiang (1988) indica o intervalo de 20° a 24°C como mais favorável para o fluxo de látex.

Omokhafa (2004) estudando a interação entre padrão de florescimento e produção de látex na Nigéria verificou que há variação significativa para produção entre épocas, clones e para a interação clones x épocas. Esse autor descreve que na Nigéria, o período de desfolhamento da seringueira ocorre de janeiro a maio, o refohamento em março e o florescimento de fevereiro a março.

Sambugaro (2007) cita além da precipitação, a influência do fotoperíodo e da nutrição das plantas nas características fenológicas da cultura. Porém essa mesma autora ressalta que essas características são adaptativas e são geneticamente determinadas. Conseqüentemente, uma determinada espécie sempre perderá folhas em um determinado período do ano, independentemente das variações climáticas que ocorrerem.

2.4 Sangria e estimulação da seringueira

A exploração da seringueira, operação conhecida popularmente como sangria é uma das práticas mais importantes da cultura, pois além de ser um fator que determina a vida útil do seringal e a produtividade, responde por aproximadamente 60% dos custos totais da borracha produzida (GONÇALVES et al., 2000).

Devido à expansão geográfica da seringueira para outros locais com fatores climáticos bem diferenciados da região de origem, principalmente a periodicidade e a amplitude dos fatores térmicos e hídricos alteram o comportamento fenológico da cultura. Desta forma, há necessidade do desenvolvimento e adaptação de novas tecnologias de produção, incluindo o sistema de sangria (ORTOLANI et al., 2000).

Na avaliação dos processos fisiológicos associados à produção do látex devem ser considerados os fatores inerentes a planta (genótipo), ao ambiente e, também ao sistema de exploração (SILVA, 2008). Para Bernardes et al. (2000) a resposta de cada clone varia bastante em relação ao ambiente e devem ser consideradas as interações genótipo-ambiente na escolha do sistema de sangria.

Castro e Virgens-Filho, Sena-Gomes e Santos (1986) explicam que a produção de látex depende do fluxo e da regeneração do material celular entre duas sangrias. Portanto, de acordo com Castro (2000) árvores submetidas aos sistemas de menor frequência de sangria necessitam de um metabolismo menos intenso para a regeneração de látex. Segundo o IRCA (1987) são necessários quatro dias para que o conteúdo dos vasos laticíferos se reconstitua satisfatoriamente. Sá (2000) enfatiza que os processos metabólicos relacionados ao fluxo e a regeneração estão associados a parâmetros biofísicos e bioquímicos do látex. Segundo esta autora isto permite conhecer a resposta dos diferentes clones quando submetidos à diferentes sistemas de sangria, nos diferentes ambientes.

Rao et al. (1998) cita que a sangria causa perda de constituintes das células dos vasos laticíferos e a regeneração do látex envolve intensa atividade metabólica, principalmente em sistemas com alta frequência de sangria. Silpi et al. (2006) observaram que a sangria cria uma significativa queda do conteúdo de sacarose na região do painel de sangria devido ao consumo para a regeneração do látex, nos clones GT 1, PB 235 e RRIM 600. Segundo Carvalho, Carvalho e Assis (2000) a sangria drena aproximadamente metade do cálcio e magnésio absorvido pela planta, havendo necessidade de reposição destes nutrientes.

Furlani Junior et al. (2003) observaram maiores produtividades com o aumento da frequência de sangria de d/7 para d/4 para os clones IAN 873 e RRIM 600. Gonçalves et al.

(2000) também observaram um aumento de produção do clone RRIM 600 com o aumento da frequência de sangria.

De acordo com Virgens-Filho e Sena-Gomes (2000), os sistemas de alta frequência de sangria apresentam o inconveniente de maior demanda por mão-de-obra e maior consumo de casca. Desta forma, sistemas de baixa frequência de sangria vem sendo utilizados principalmente como forma de otimizar a mão-de-obra no seringal, com significativa redução nos custos de produção. Porém, este tipo de manejo pode não extrair o volume máximo de látex da árvore, devido ao menor número de sangrias no ano (SILVA, 2008). Com isso, uma das formas de superar esta limitação é o uso combinado de sistemas de baixa frequência de sangria com estimulantes da produção, como o ethephon.

O ethephon quando aplicado no painel de sangria permite a evolução do regulador vegetal gasoso denominado etileno. O etileno liberado possui a capacidade de manter os vasos laticíferos com paredes mais rígidas e espessas, evitar a oclusão dos vasos rompidos no corte de sangria e inibir a coagulação do látex (CASTRO, 2000). Para Virgens-Filho et al. (1999) a aplicação do estimulante promove a ativação de enzimas que desempenham papel importante na biossíntese da borracha, ao influenciarem no aumento do pH e sacarose.

Gireesh et al. (2005) sugerem que existem diferenças no metabolismo de produção de látex dos diferentes clones e observaram, em estudos realizados na Índia, que a resposta à estimulação foi baixa em clones considerados de alta produção, enquanto que em clones de baixa produção foram observados aumentos significativos de produção.

Nair et al. (2004) citam que alguns clones, dentre eles o PB 235 produzem muito bem sem estimulação e não respondem a ela, porque possuem um metabolismo muito ativo. Para Bernardes, Righi e Abbud (2000) a característica de alta produtividade do clone PB 235 é devido ao bom fluxo e o eficiente mecanismo de regeneração do látex. Portanto, a estimulação não é recomendada para esse clone. Diversos autores como RRIM (1989); Gonçalves et al. (2000); Pereira et al. (2001) e Silva et al. (2007b) também observaram uma resposta não muito acentuada do clone GT 1 à estimulação.

Portanto, a utilização de substâncias estimulantes que permitam o aumento do escoamento do látex após a sangria, bem como uma melhor regeneração do látex *in situ* pode compensar o menor número de cortes adotados nos sistemas de baixa frequência, sob o ponto de vista fisiológico e econômico.

Na Tabela 1 é apresentada uma sugestão de sistemas de sangria para a região do planalto paulista com base nos estudos mais recentes.

Tabela 1 – Sugestões de sistemas de sangria para quatro clones de seringueira, na região do planalto paulista

Autores	Clones	Comprimento do corte	Frequência de sangria	Periodicidade de sangria	Estimulação	Método de aplicação do estimulante	Periodicidade de estimulação	Fase de sangria
Bernardes et al. (2000)	GT 1	Meia espiral (½S)	A cada 3 dias, com descanso aos domingos (d/3 6d/7)	11 meses por ano (11 m/y)	Ethephon a 2,5% (ET 2,5%)	1 ml do produto comercial; sobre o painel (Pa) e sobre a canaleta com cernambi (La)	6 vezes por ano (6/y)	A partir de 6 anos de sangria
	IAN 873	Meia espiral (½S)	A cada 3 dias, com descanso aos domingos (d/3 6d/7)	11 meses por ano (11 m/y)	Ethephon a 2,5% (ET 2,5%)	1 ml do produto comercial; sobre o painel (Pa) e sobre a canaleta com cernambi (La)	6 vezes por ano (6/y)	A partir de 6 anos de sangria
	PB 235	Meia espiral (½S)	A cada 3 dias, com descanso aos domingos (d/3 6d/7)	10 meses por ano (10 m/y)	Sem estimulação	-	-	Primeiros 5 anos de sangria
	RRIM 600	Meia espiral (½S)	A cada 3 dias, com descanso aos domingos (d/3 6d/7)	10 meses por ano (10 m/y)	Ethephon a 2,5% (ET 2,5%)	1 ml do produto comercial; sobre o painel (Pa) e sobre a canaleta com cernambi (La)	6 vezes por ano (6/y)	Após 1 ano de sangria
Silva et al. (2007b)	GT 1	Meia espiral (½S)	A cada 7 dias, com descanso aos domingos (d/7 6d/7)	11 meses por ano (11 m/y)	Ethephon a 2,5% (ET 2,5%)	1 g de estimulante em 1cm; sobre o painel (Pa) e sobre a canaleta com cernambi (La)	8 vezes por ano (8/y)	Primeiros 5 anos de sangria
Silva et al. (2010)	IAN 873	Meia espiral (½S)	A cada 3 dias, com descanso aos domingos (d/3 6d/7)	11 meses por ano (11 m/y)	Ethephon a 2,5% (ET 2,5%)	1 g de estimulante em 1cm; sobre o painel (Pa) e sobre a canaleta com cernambi (La)	8 vezes por ano (8/y)	Primeiros 5 anos de sangria
Silva et al. (2007a)	PB 235	Meia espiral (½S)	A cada 7 dias, com descanso aos domingos (d/7 6d/7)	11 meses por ano (11 m/y)	Ethephon a 2,5% (ET 2,5%)	1 g de estimulante em 1cm; sobre o painel (Pa) e sobre a canaleta com cernambi (La)	8 vezes por ano (8/y)	Primeiros 5 anos de sangria
Silva et al. (2007b)	RRIM 600	Meia espiral (½S)	A cada 3 dias, com descanso aos domingos (d/3 6d/7)	11 meses por ano (11 m/y)	Ethephon a 2,5% (ET 2,5%)	1 g de estimulante em 1cm; sobre o painel (Pa) e sobre a canaleta com cernambi (La)	8 vezes por ano (8/y)	Primeiros 5 anos de sangria

2.5 Características e parâmetros de qualidade da borracha natural

O látex é corretamente definido como um sistema coloidal polifásico e polidisperso de uma substância polimérica em um meio aquoso, chamada soro C. Tem-se como principais constituintes do látex, o soro C (55-65%), as partículas de borracha (30% a 45%), as partículas de lutóides (10% a 20%) e as partículas Frey-Wyssling (1%) (MORENO et al., 2008). No interior dos lutóides, está presente o soro B onde há um acúmulo seletivo de cátions, como o Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cu^{2+} e o complexo Frey-Wyssling que é constituído de carotenóides e lipídios. Acredita-se que estes dois componentes do látex, especialmente os lutóides exerçam importante função no controle metabólico, principalmente da glicólise (BUTTERY; BOATMAN, 1985).

Dentre uma série das possíveis funções do látex, na planta, Buttery e Boatman (1985) comentam a função de transporte e reservatório de materiais nutritivos; proteção, cicatrizando danos ou controlando ataques de insetos e reserva do suprimento de água.

A borracha natural é um polímero de alta massa molecular, constituída de cadeias de unidades isoprênicas com cinco carbonos cuja estrutura é o cis – 1,4 – poliisopreno. Em adição ao hidrocarboneto puro, uma grande quantidade de outras substâncias orgânicas e inorgânicas, ditas substâncias não-borracha, tais como proteínas, lipídios, carboidratos e nutrientes influenciam nas propriedades físico-químicas do polímero poliisopreno (MORENO et al., 2008).

Portanto, o látex e a borracha natural da seringueira são produtos distintos. Enquanto, o látex é um sistema polidisperso, no qual partículas de borracha estão suspensas em um meio aquoso (soro), a borracha natural é um produto sólido, obtida após a coagulação do látex e secagem do coágulo (GALIANI, 2010).

Um parâmetro de avaliação de qualidade da borracha é o conteúdo de nitrogênio (N%) da borracha seca que fornece uma estimativa da quantidade de proteínas presentes. Se houver excesso de substâncias nitrogenadas a borracha, depois de processada e vulcanizada, terá propriedades de resistência insatisfatórias (HWEE; TANAKA, 1993). Segundo a norma ABNT NBR ISO 1656 para o Brasil, o látex de boa qualidade deve conter no máximo 0,6 % de N, já a borracha seca deve exibir teores de N entre 0,2 e 0,6 % (ABNT, 2010). A intensidade de regeneração celular que acontece entre as sangrias numa árvore em produção provém da existência de N ativo no metabolismo que pode reconstituir as proteínas durante as sangrias subsequentes (D'AUZAC et al., 1989). Moreno et al. (2003) avaliando as propriedades a borracha natural observaram que as porcentagens de N demonstraram uma

tendência geral de aumento nos meses de maior número de horas de sol e diminuição da temperatura, durante o processo de senescência. Segundo os autores, esse resultado pode estar associado aos processos de envelhecimento e queda das folhas, pois antes que elas caiam, há a retirada de alguns nutrientes minerais para posterior utilização nos processos de refolhamento e florescimento.

A porcentagem de cinza (CNZ%) fornece informações prévias sobre as características da borracha, no tocante ao conteúdo de nutrientes minerais. As quantidades destes elementos podem interferir na qualidade da borracha, portanto esta análise é um parâmetro da qualidade, sendo considerada um indicativo da quantidade de impurezas na borracha. Quanto menor for este parâmetro menor será a quantidade de impurezas e o valor máximo de cinzas, recomendado pelo ABNT NBR 11597 é de 0,60% (ABNT, 1997). Segundo Hwee e Tanaka (1993), a variação dessa propriedade também depende muito dos fatores ambientais e genéticos intrínsecos aos clones. Moreno et al. (2003) demonstrou haver correlações negativas entre CNZ% e temperaturas (máxima, mínima e média) e precipitação pluvial e correlação positiva entre este parâmetro e insolação e umidade relativa. Segundo esses autores o clone IAN 873 é o que apresenta maiores as variações de porcentagem cinza, enquanto que o clone RRIM 600 foi o que apresentou borrachas com menores variações de porcentagem de cinzas ao longo do período estudado.

Moreno et al. (2005) avaliaram as propriedades tecnológicas do látex e da borracha natural dos clones de seringueira GT 1, PB 235, IAN 873 e RRIM 600 e verificaram que essas propriedades variaram em função do clone e entre coletas. A porcentagem de N e cinzas aumentaram no início da estação seca (maio a junho). O período de abril a junho revelou ser crítico, pois os valores da N% oscilaram acima 0,60%, fora dos padrões estabelecidos pela norma técnica brasileira ABNT/NBR. O clone RRIM 600 foi menos suscetível às variações climáticas.

2.6 Conteúdo de nutrientes da borracha natural

Em 2000, Haag e Viégas (2000) já chamavam atenção que, no Brasil, os estudos sobre nutrição mineral da seringueira não recebiam a devida atenção e com isso o conhecimento das exigências nutricionais da seringueira nas diversas fases do ciclo ainda era incipiente.

Segundo Bataglia e Santos (1998) na seringueira, a adubação precisa ser definida para cada uma das fases de implantação da cultura. De acordo com esses autores, na fase produtiva, a produtividade e a qualidade do látex são os principais objetivos. A recomendação

de adubação correta em cada uma das fases de desenvolvimento da seringueira depende da experimentação que tem um caráter muito regional uma vez que as respostas são muito dependentes das condições edáficas e do ambiente local. Dentre as técnicas de avaliação nutricional da seringueira pode-se citar a análise do teor e conteúdo de nutrientes na borracha seca (HAAG; VIÉGAS, 2000).

Com a expansão da seringueira para áreas produtoras não-tradicionais, houve uma melhoria nas pesquisas relacionadas às análises de nutrientes da borracha relacionadas com a nutrição da planta, podendo-se citar os trabalhos de Pushparajah (1977) citado por Haag e Viégas, (2000); Haag et al. (1987) e Murbach (1997).

Em um seringal, as raízes exploram os nutrientes do solo, utilizando-os na formação de fitomassa e grande parte retorna ao solo com a queda das folhas e ramos, formando uma densa camada de serrapilheira que, posteriormente, se decompõe. Nesse ecossistema, as perdas de nutrientes podem ocorrer em razão da retirada da madeira, lixiviação e erosão do solo e, também em função da extração do látex (VIRGENS-FILHO; MOREIRA; CASTRO; 2003).

Vários métodos têm sido utilizados para monitorar as condições fisiológicas das plantas na fase de sangria, como o perímetro do tronco, a espessura da casca da seringueira e a produção de borracha seca. Porém, para Jacob et al. (1988) e Kekwick (1989), o método mais preciso é o diagnóstico do látex. Por meio dessa técnica, torna-se possível adequar a intensidade de exploração dos seringais, levando-se em conta as características clonais e a influência dos fatores ambientais, procurando-se assim, otimizar a produção mantendo as plantas em condições de equilíbrio fisiológico (JACOB et al., 1995).

O nitrogênio (N) é o mais importante macronutriente para o desenvolvimento da planta, sendo constituinte de proteínas, clorofila, ácidos nucléicos e muitos outros importantes constituintes celulares, incluindo membranas e fitorreguladores (SOUZA; FERNANDES, 2006; REIS; CHEPOTE, 2008). Na borracha natural, o N está presente principalmente como constituinte de proteínas.

De acordo com Sá (2000), a quantidade de fósforo (P) no látex traduz o metabolismo energético, pois esse elemento intervém significativamente no catabolismo de açúcares, na síntese de nucleotídeos implicados na transferência de energia ou nos portadores de poder redutor, nos ácidos nucléicos e na síntese isoprênica. Porém, valores elevados de P principalmente em situações de exploração muito intensa podem indicar uma reutilização ineficiente deste elemento (JACOB et al., 1988).

O potássio (K) é o elemento "chave" na nutrição da seringueira, o que é explicado pela sua função metabólica nos processos ligados à translocação de compostos fotossintetizados pelo floema, à síntese isoprênica e à duração do fluxo de látex após a sangria (JACOB et al., 1988).

O cálcio (Ca) é o macronutriente em menor concentração na borracha natural (HAAG; VIÉGAS, 2000). No sistema laticífero da planta, além da função de dar rigidez às paredes celulares, o Ca se acumula no soro lutóide e pode permitir a partícula não-borracha lutóide exercer uma função importante no controle metabólico (especialmente da glicólise) pela liberação ou consumo seletivo deste elemento (BUTTERY; BOATMAN, 1985).

Segundo Marschner (1995), o magnésio (Mg) ativa quase todas as enzimas fosforilativas que formam pontes entre o ATP ou ADP com a molécula da enzima. Contudo, de acordo com Sá (2000), o Mg é também inibidor da atividade de enzimas chave, como a invertase e as fosfatases ácidas. Assim como o Ca, este elemento também pode ser acumulado no soro lutóide e contribuir para o controle metabólico. Em se tratando do processo de fluxo, altas concentrações desse elemento agem como desestabilizadoras do látex, por neutralizarem as cargas eletro-negativas das partículas responsáveis pela estabilidade coloidal do látex, promovendo a coagulação (SÁ, 2000). Desta forma, é complexa a avaliação da presença desse elemento no látex, uma vez que dependendo das circunstâncias, seu teor está positiva ou negativamente correlacionado com a produção.

Quanto a relação Mg/P, as transferências de energia desses dois compostos são fundamentais nos processos de fotossíntese, reações de síntese de compostos orgânicos e absorção iônica. No látex, a relação destes nutrientes é importante para manter a estabilidade e o desejado é que essa relação seja acima de 5,4, segundo Shorrocks, (1979). Beaufils (1957) citado por Bataglia (2000) explica que relações Mg/P entre 0,8 e 1,2 no látex são mais adequadas enquanto valores abaixo 0,5 ou acima de 1,5 indicam um desequilíbrio. Segundo Bataglia (2000), o aumento dos teores de K e P, deprime os níveis de Ca e Mg no látex, aumentando a estabilidade do mesmo.

O enxofre (S) é fundamental na composição dos tióis do látex, constituídos pela cisteína e metionina. Esses desempenham papel importante na proteção de membranas, garantindo a compartimentação celular do látex, e conseqüentemente, o funcionamento dos laticíferos principalmente com relação o fluxo de látex após a sangria (SÁ, 2000).

Além das funções específicas dos macronutrientes para a biossíntese do látex, alguns nutrientes como N, P, K e Mg desempenham função importante nos aspectos anatômicos

envolvidos na produção de látex, como aumento da espessura de casca e número e tamanho dos vasos laticíferos (BATAGLIA, 2000).

Os micronutrientes boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) são elementos essenciais para o crescimento das plantas e se caracterizam por serem absorvidos em pequenas quantidades (DECHEN; NACHTIGALL, 2006). Segundo esses autores isso se deve ao fato de eles não participarem de estruturas de plantas, mas da constituição de enzimas ou então atuar como seus ativadores. O baixo teor desses nutrientes na planta pode indicar problemas no desenvolvimento, refletindo na qualidade e quantidade da produção.

Em particular o Cu, assim como o Mg e o Ca, este elemento também pode ter uma função importante no controle metabólico da produção de látex por meio da partícula lutóide que permite a liberação e o armazenamento seletivo deste nutriente (BUTTERY; BOATMAN, 1985).

Quanto aos teores de Fe no látex, os resultados encontrados na literatura são muito contraditórios e podem induzir erros de interpretação. O ferro tem um importante papel como componente de enzimas envolvidas na transferência de elétrons como os citocromos e também para a síntese de alguns complexos constituídos por clorofila e proteína no cloroplasto. O Fe se precipita nas folhas mais velhas na forma de óxidos ou fosfatos insolúveis ou à formação de complexos com a fitoferritina e isto, provavelmente explica a baixa mobilidade deste elemento. Logo, a precipitação do Fe diminui a subsequente mobilização do metal dentro do floema, para o transporte de longa distância (TAIZ; ZAIGER, 2009). Shorrocks (1979) estudando o ciclo de nutrientes na seringueira verificou altas concentrações de Fe nas raízes, creditadas à imobilização desse elemento e, também à superfície contaminada não removida pela água, o que levaria a um erro na análise. Neste estudo, as folhas apresentaram maior concentração de Fe, com cerca de 182 ppm, seguida das raízes, galhos e do tronco que apresentou as menores concentrações do elemento (30 ppm). No estudo feito por HAAG et al. (1987), as concentrações deste nutriente na borracha seca variaram de 14 a 265 ppm dependendo do sistema de sangria e época do ano. Já Murbach (1997) encontrou teores de 22 a 168 ppm de Fe na borracha natural dependendo da adubação utilizada. Esses estudos demonstram a alta variabilidade dos teores de Fe encontrados nas amostras. Em alguns casos, os teores superam até mesmo a faixa de concentração de referência do Fe no órgão de “armazenamento” (folhas) que é de 98 a 194 ppm para produtividades abaixo de 1.000 kg borracha seca ha⁻¹ ano⁻¹, de acordo com Bataglia, Cardoso e Carretero (1988). Isto pode ser um indicativo de contaminação das amostras de borracha seca com outras partes vegetais, solo ou durante o processamento para a análise, o que poderia

induzir erros relacionados ao cálculo da exportação deste micronutriente pela borracha natural.

Malavolta, Vitti e Oliveira (1989) estudaram a mobilidade dos nutrientes na planta e concluíram que os macronutrientes N, P, K, e S são móveis na planta; o Mg é parcialmente móvel; já Ca é imóvel. Dechen e Nachtigall, (2006) comentam que de uma maneira geral os micronutrientes são imóveis na planta.

De acordo com Haag et al. (1987), admitindo-se a produção média de 1 tonelada de borracha seca, a extração dos elementos seria na seguinte ordem de grandeza: 6,14 kg de N; 0,53 kg de P; 0,18 kg de K; 0,04 kg de Ca; 0,74 kg de Mg; 1,43 kg de S; 5,16 g de B; 1,05 g de Cu; 39,20 g de Fe; 0,99 g de Mn; 20,42 g de Zn.

Segundo Murbach et. al (2003), considerando uma produtividade de borracha seca de 1.700 kg ha⁻¹ ano⁻¹ para o clone RRIM 600 ocorre uma exportação de nutrientes pela borracha de 5, 2 e 5 kg de N, P e K, respectivamente. Esses autores verificaram também que a adubação potássica aumenta a produtividade de borracha seca, o mesmo não ocorrendo com a adubação nitrogenada e fosfatada.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

3.1.1 Experimento 1 – Piracicaba

O trabalho foi realizado no campo experimental do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da ESALQ/USP, no município de Piracicaba, SP.

O experimento localiza-se na latitude 22°42'30"S, longitude de 47°38'00"W e altitude de 554 m. Está localizado em um relevo plano a levemente ondulado com declividade de aproximadamente 1,5% e cujo solo é Terra Roxa Estruturada, eutrófica, horizonte A moderado e textura argilosa, de acordo com o sistema brasileiro de classificação de solos (EMBRAPA, 1999).

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cwa, com precipitação média anual de 1.328,1 mm, temperatura média anual de 21,6°C, temperatura média do mês mais frio de 10,0°C e temperatura média do mês mais quente de 30,0°C.

O plantio foi realizado nos anos de 1985 e 1986 sob o espaçamento 7m x 3m (476 plantas ha⁻¹) utilizando-se mudas enxertadas ensacoladas, com dois lançamentos de folhas maduras.

3.1.2 Experimento 2 – Votuporanga

O experimento foi conduzido na Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA) - Pólo Regional do Desenvolvimento Tecnológico de Agronegócios do Noroeste Paulista, no município de Votuporanga, SP, nas coordenadas 20°20'S e 49°50'W e altitude de 510 m.

O experimento foi instalado em 1989 em solo Argissolo Vermelho eutrófico, A moderado, textura arenosa/média (EMBRAPA, 1999). As árvores dispostas em espaçamento de 7,0 m entre as linhas e 3,0 m entre as plantas.

O clima da região é do tipo Aw, de acordo com a classificação de Köppen com precipitação média anual de 1.448,7 mm, temperatura média anual de 24,3°C, temperatura média do mês mais frio de 14,0°C e temperatura média do mês mais quente de 32,0°C.

3.2 Tratamentos

Neste estudo, os clones de seringueira constituíram os tratamentos principais, nos dois experimentos. Os clones com os respectivos parentais são listados abaixo:

- GT 1 – clone primário de *H. brasiliensis* obtido de seleção efetuada na plantação Gondang Tapen em Java, Indonésia.
- IAN 873 – clone secundário amazônico do Instituto Agrônômico do Norte (IAN) obtido do cruzamento intraespecífico dos clones primários PB 86 e FA 1717 ambos de *H. brasiliensis*, selecionados na Malásia e no Brasil.
- PB 235 – clone terciário resultante do cruzamento intraespecífico de *H. brasiliensis* dos clones secundários PB 5/51 (PB 56 x PB 24) e PB 5/78 (PB 49 x PB 25), selecionados na plantação comercial Prang Besar, da Malásia.
- RRIM 600 – clone secundário intraespecífico de *H. brasiliensis*, resultante do cruzamento dos clones primários Tjir 1 com o PB 86 do Rubber Research Institute of Malaysia (RRIM), ambos selecionados na Malásia.

Os subtratamentos envolveram o sistema de sangria, listados abaixo:

- $\frac{1}{2}S$ d/2 5d/7.12m/y: sangria em meia espiral ($\frac{1}{2}S$), realizada em intervalos de dois dias (d/2), com descanso aos sábados e domingos (5d/7), sangrando 12 meses por ano (12m/y) – sistema tradicional de sangria;
- $\frac{1}{2}S$ d/4 5d/7. 12m/y. ET 2,5% La 1(1). 8/y: sangria em meia espiral ($\frac{1}{2}S$), realizada em intervalos de 4 dias (d/4), com descanso aos sábados e domingos (5d/7), sangrando 12 meses por ano (12m/y), estimulado com ethephon a 2,5% (ET 2,5%), aplicado sobre a canaleta com cernambi (La). 1 g do produto comercial, aplicado em 1 cm de largura 1 (1), oito vezes por ano (8/y);
- $\frac{1}{2}S$ d/7 5d/7. 12m/y. ET 2,5% La 1(1).8/y: sangria em meia espiral ($\frac{1}{2}S$), realizada em intervalos de 7 dias (d/7), com descanso aos sábados e domingos (5d/7)

sangrando 12 meses por ano (12m/y), com estimulação feita com 2,5% de ethephon (ET 2,5%), aplicado sobre a canaleta com cernambi (La). 1g do produto comercial, aplicado em 1 cm de largura 1(1), oito vezes por ano (8/y).

Ressalta-se que para a citação dos sistemas de sangria nos tópicos seguintes, foi utilizada uma simplificação da notação, ou seja, o comprimento do corte, a frequência de sangria, o princípio ativo do estimulante e a concentração.

3.3 Instalação, manejo e condução dos experimentos

As avaliações iniciaram no estágio em que as árvores passaram a apresentar hábito caducifólio, caracterizado pela ocorrência de hibernação compacta ou gradual de acordo com Moraes (1983).

Foram marcados pontos de observação em ramos nos quadrantes da copa das árvores para facilitar a observação dos estádios fenológicos. Esta marcação foi realizada com fitas do tipo “zebrada” e com auxílio de um caminhão “munk” (Figura 1).



Figura 1 - Marcação de ramos dos tratamentos utilizados no experimento do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da ESALQ/USP, no estágio de desfolhamento natural.

Todas as árvores dos experimentos foram identificadas com cores e números. Essas marcações ajudaram a identificar os clones e os sistemas de sangria adotados, facilitando o trabalho diário de exploração e coleta de dados. Também, foram instalados protetores de chuva e nos estádios fenológicos de coleta tomou-se cuidado de proteger as canecas coletoras com sacos plásticos (Figura 2).

A sangria foi realizada ao longo de todo o ano, inclusive no refohamento dos clones, objetivando com isso quantificar a produção e as características da borracha neste estágio.



Figura 2 - Detalhe da marcação das árvores do experimento. Na fotografia à esquerda o número 25 é o código referente ao clone PB 235, o “X” em vermelho embaixo do protetor de chuva significa sistema de sangria $\frac{1}{2}S$ d/2. Na fotografia à direita, detalhe da proteção da caneca para coleta de borracha nos estádios fenológicos observados; o número 27 é a numeração da árvore

3.4 Observação dos estádios fenológicos

As observações fenológicas foram realizadas semanalmente nas copas das árvores, com o controle de registro do desenvolvimento das estruturas vegetativas dos ramos que foram marcados.

Os estádios fenológicos considerados para este estudo foram àqueles relacionados com a sazonalidade foliar da seringueira, sendo: refohamento, folhas maduras e senescência de acordo com o sugerido por Moraes (1983).

O estágio de refohamento foi considerado visualmente quando a maior parte das folhas dos quadrantes da copa apresentou o estágio C, sugerido por Hallé, Oldeman e Tomlinson (1978) que se caracteriza pelos folíolos pendentes, flácidos e de cor verde claro (Figura 3A).

Considerou-se o estágio de folhas maduras quando a maior parte da folhagem dos quadrantes da copa apresentou o estágio D que é caracterizado pela dormência da gema apical com folhas totalmente amadurecidas e coloração verde escura (HALLÉ; OLDEMAN; TOMLINSON, 1978) e, também sem a presença de lançamentos esporádicos (Figura 3B). Para este estágio, buscou-se a caracterização mais próxima do estado de máxima eficiência do aparato fotossintético, quando maior praticamente toda a folhagem já está na condição de fonte.

Para a identificação do estágio de senescência foliar, foi considerado quando a maior parte da folhagem dos quadrantes de observação da copa apresentou envelhecimento natural e perda de funcionalidade das folhas, refletindo-se visualmente pela mudança da coloração para tons amarelos ou avermelhados, segundo Moraes (1983) (Figura 3C).

(A) Refolhamento



(B) Folhas maduras



(C) Senescência

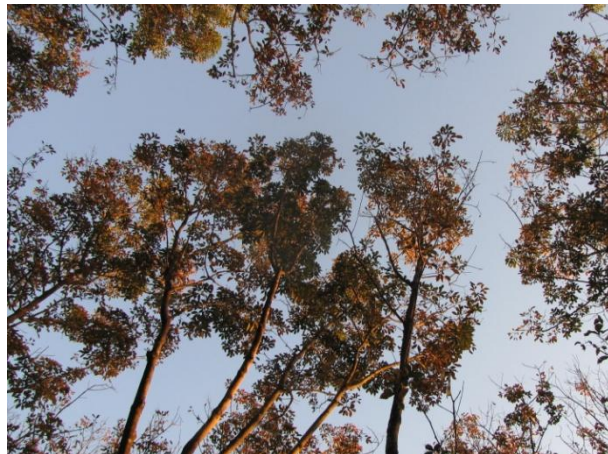


Figura 3 – Estádios fenológicos observados em clones de seringueira, nos municípios de Piracicaba e Votuporanga, SP

3.5 Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi o blocos casualizados em esquema parcela subdividida com quatro ou três réplicas. Os tratamentos principais (clones GT 1, PB 235, IAN 873 e RRIM 600) foram alocados nas parcelas compostas por nove árvores e o tratamento secundário (sistemas de sangria: ½S d/2; ½S d/4 ET 2,5%; ½S d/7 ET 2,5%) constituíram subparcelas com três árvores cada.

3.6 Variáveis analisadas

3.6.1 Produção de borracha

O registro da produção mensal de borracha foi efetuado pelo látex coagulado e pendurados em fios de arame presos às árvores. Houve adição de ácido acético à 5% apenas em dias com ocorrência de chuva após a sangria para permitir a coagulação rápida do látex, evitando perdas.

Para o cálculo da produção mensal a massa total de coágulos de todas as árvores de cada subtratamento foi dividida pelo número total de árvores sangradas e pelo número de sangrias no período, sendo os resultados expressos em gramas de borracha seca árvore⁻¹ sangria⁻¹.

A fórmula utilizada para a conversão em gramas de borracha seca por árvore por sangria foi definida de acordo com a eq. (1).

$$g \text{ árvore}^{-1} \text{ sangria}^{-1} = \frac{\frac{\text{massa total de coágulos de borracha na subparcela}}{\text{número de árvores sangradas}} \times \% \text{ de borracha seca}}{\text{número de sangrias no período}} \quad (1)$$

Onde: *massa total de coágulos de borracha na subparcela* = em gramas (g)

% de borracha seca = 53%

Os coágulos obtidos nos estádios fenológicos de interesse do estudo foram obtidos do látex coagulado dentro das canecas protegidas com sacos plásticos. Posteriormente, as amostras devidamente identificadas foram secas à sombra em ambiente protegido para o escoamento do soro e picadas e secas em estufa a 70° C até peso constante, em balança eletrônica com precisão de 0,1mg para a determinação do rendimento.

3.6.2 Teor de cinzas da borracha

As amostras foram incineradas por via seca em forno mufla a temperatura de 600 °C. Para a digestão, foram pesados em balança analítica 10 g sendo estas transferidas para cadinho de porcelana com capacidade para 50 mL. As amostras foram incineradas empregando-se a seguinte rampa de aquecimento: a temperatura foi elevada numa velocidade de 5°C min⁻¹ até 300 °C mantendo-se nesta temperatura por 2 h, em seguida a temperatura foi elevada até 600 °C a 5 °C min⁻¹ permanecendo nesta temperatura por 10 h. Após a completa calcinação das amostras de borracha foi determinando a massa de cinzas residuais, calculando-se em seguida a porcentagem de cinzas.

3.6.3 Teores de macronutrientes e micronutrientes da borracha

O teor de Nitrogênio (N) foi determinada pelo método Kjeldahl, em que a borracha seca (200 mg) foi adicionada à mistura catalítica para digestão (1:10 K₂SO₄ ou Na₂SO₄ + H₂SO₄ concentrado). A seguir, o digerido foi levado ao equipamento destilador, iniciando-se a destilação por arraste a vapor. O (NH₄)₂SO₄ foi tratado com solução de NaOH 40% em excesso, com liberação de NH₃, que reage com H₃BO₃ mais o indicador, formando o borato ácido de amônio, titulado com solução de H₂SO₄ 0,05 mol L⁻¹.

Após o preparo dos extratos, os macronutrientes P, K, Ca, Mg e S e os micronutrientes B, Cu, Mn, Zn e Fe foram quantificados por espectrometria de emissão óptica com plasma induzido (ICP OES) em equipamento da marca Varian Inc., modelo Vista Radial. Esta é uma técnica analítica multielementar e, dessa forma possibilita análises simultânea de todos os constituintes inorgânicos previstos. A análise consiste na atomização dos elementos químicos em uma fonte de plasma indutivamente acoplado, onde a radiação emitida pelo centro do plasma é então usada na análise quantitativa.

3.7 Exportação de nutrientes

De posse da média dos teores de macro e micronutrientes na borracha natural nos estádios fenológicos, considerando uma produtividade de 1.000 kg de borracha pela seringueira e em função dos diferentes tratamentos (clones) e subtratamentos (sistemas de sangria) foi determinada a exportação de nutrientes, no ciclo de produção da cultura.

3.8 Parâmetros climáticos

Foram obtidos os registros agrometeorológicos de cada localidade dos experimentos, junto à base de dados do Centro Integrado de Informações Agropecuárias do Instituto Agrônômico (CIIAGRO/IAC). Foram obtidas séries mensais de precipitação e temperaturas máximas, mínimas e médias correspondente aos meses de condução do experimento.

O balanço hídrico mensal foi calculado pelo método de Thornthwaite e Mather (1955), utilizando planilha eletrônica desenvolvida por Rolim et al. (1998). No cálculo do balanço hídrico, foi considerada uma capacidade de água disponível (CAD) de 100 mm, sendo esse valor o recomendado para cultivos perenes (PEREIRA et al., 2002).

3.9 Análise de solo

As análises de solo foram realizadas empregando as metodologias do Instituto Agrônômico e realizadas no laboratório solos da EMBRAPA Pecuária Sudeste que participa do ensaio de proficiência IAC para laboratórios de análise de solo para fins de fertilidade.

Os resultados desta análise para a área experimental de Piracicaba estão presentes na Tabela 2. Os valores de P apresentaram-se baixos enquanto K, Mg e V% mostraram-se adequados de acordo com o Boletim Técnico 100 (RAIJ et al., 1997).

Tabela 2 – Resultado da análise de solo do experimento do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da ESALQ/USP, Piracicaba SP

Identificação da Amostra	Profundidade de amostragem cm	pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	S	V
		CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmolc dm ⁻³			%				
Bloco I	00-20	5,3	29	9	1,9	30	10	34	1	76	42	55
Bloco I	20-40	5,2	28	8	1,9	27	9	37	1	75	38	51
Bloco II	00-20	5,1	33	8	1,9	25	8	38	1	73	35	48
Bloco II	20-40	5,1	22	6	1,9	22	7	30	1	61	31	51
Bloco III	00-20	5,0	31	5	2,8	24	8	40	1	74	35	47
Bloco III	20-40	5,2	21	5	1,0	30	10	23	0	64	41	64
Bloco IV	00-20	5,3	31	7	3,0	32	11	35	1	81	46	57
Bloco IV	20-40	5,3	23	4	1,4	34	10	27	0	72	45	63

Na Tabela 3, estão presentes os resultados da análise de solo da área experimental de Votuporanga. Os níveis de P, K, Mg, V% mostraram-se níveis muito baixos à baixos. Neste experimento, houve necessidade de calagem segundo a recomendação para o Estado de São Paulo (RAIJ et al., 1997). De acordo com o cálculo de calagem, pelo método de elevação da saturação por bases (V%) em 50% foi aplicado em área total uma dosagem correspondente à 1,2 t de calcário dolomítico PRNT 68% ha⁻¹ e 0,8 t de gesso agrícola ha⁻¹ com o objetivo de fornecer CaO e MgO, nas camadas mais profundas do solo.

Tabela 3 – Resultado da análise de solo do experimento da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA) - Pólo Regional do Desenvolvimento Tecnológico de Agronegócios do Noroeste Paulista, Votuporanga, SP

Identificação da Amostra	Profundidade de amostragem cm	pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	S	V
		CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmolc dm ⁻³			%				
Bloco I	00-20	4,5	19	2	1,5	7	3	36	5	48	11	24
Bloco I	20-40	4,4	17	2	1,9	6	3	41	6	51	11	21
Bloco II	00-20	4,5	18	2	1,5	9	4	33	2	48	14	30
Bloco II	20-40	4,5	16	2	1,5	8	3	37	5	49	12	25
Bloco III	00-20	4,4	19	2	1,9	9	4	34	5	49	15	30
Bloco III	20-40	4,4	16	2	1,6	8	3	40	6	53	13	24

3.10 Análise estatística

Para a estatística inferencial, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, com o intuito de atender os pressupostos para esta análise (normalidade dos erros, homogeneidade de variância e independência do erro) foram realizadas transformações de dados, conforme a Tabela 4.

Tabela 4 - Transformações de dados utilizadas nas variáveis mensuradas em diferentes estádios fenológicos de clones de seringueira, nos municípios de Piracicaba e Votuporanga, SP

Variáveis (1)	Piracicaba			Votuporanga		
	Refolhamento	Folhas maduras	Senescência	Refolhamento	Folhas maduras	Senescência
Produção	$\frac{1}{\sqrt{x}}$	\sqrt{x}	\sqrt{x}	-	-	-
Cinzas	$\frac{1}{\sqrt{x}}$	$\frac{1}{\sqrt{x}}$	-	-	-	-
N	-	-	-	-	-	-
P	-	\sqrt{x}	-	-	-	-
K	-	$\frac{1}{\sqrt{x}}$	-	-	-	-
Ca	\sqrt{x}	$\frac{1}{\sqrt{x}}$	-	-	-	-
Mg	$\frac{1}{\sqrt{x}}$	$\frac{1}{\sqrt{x}}$	\sqrt{x}	\sqrt{x}	-	\sqrt{x}
S	\sqrt{x}	\sqrt{x}	-	-	\sqrt{x}	-
B	$\frac{1}{\sqrt{x}}$	\sqrt{x}	-	-	-	-
Cu	-	-	-	$\frac{1}{\sqrt{x}}$	$\frac{1}{\sqrt{x}}$	-
Mn	\sqrt{x}	-	-	-	-	-
Zn	\sqrt{x}	\sqrt{x}	-	-	$\frac{1}{\sqrt{x}}$	-

¹Unidades: produção - g de borracha seca árvore⁻¹ sangria⁻¹; Cinzas - %; N, P, K, Ca, Mg, S - g kg⁻¹; B; Cu, Mn, Zn - mg kg⁻¹.

Atendidos os pressupostos para a ANOVA, os dados referentes à produção, cinzas e teores de macro e micronutrientes da borracha natural foram submetidos à esta análise, pelo teste F, ao nível de 1% de significância.

Considerando a análise de variância seguindo o delineamento em blocos ao acaso com o esquema de parcelas subdivididas, tem-se o seguinte modelo matemático de acordo com a

eq. (2), segundo Steel e Torrie (1980):

$$Y_{ijk} = \mu + B_j + C_i + e_{ij} + S_k + (CS)_{ik} + e_{ijk} \quad (2)$$

Onde:

Y_{ijk} = observação da combinação entre o i -ésimo clone e o k -ésimo sistema de sangria, no j -ésimo bloco;

μ = média geral;

B_j = efeito do j -ésimo bloco;

C_i = efeito do i -ésimo clone;

e_{ij} = erro a ;

S_k = efeito do k -ésimo sistema de sangria;

CS_{ik} = efeito da interação do i -ésimo clone com o k -ésimo sistema de sangria;

e_{ijk} = erro b .

Em seguida foi realizado o teste de comparação de médias, utilizando-se o teste de Tukey com 1% de probabilidade de erro, nas fontes de variação significativas e de interesse do estudo.

Para a análise multivariada, utilizou-se a análise de componentes principais (PCA). Para esta análise, o componente principal é algebricamente uma combinação linear das variáveis originais, obtido de acordo com a eq. (3):

$$Y_j = e_j \cdot X = e_{1j}X_1 + e_{2j}X_2 + \dots + e_{pj}X_p \quad (3)$$

Onde:

Y_j = j -ésimo componente principal;

$j = 1, \dots, p$;

p = variáveis originais;

e_j = j -ésimo autovetor.

Os resultados desta análise foram apresentados por meio de gráficos do tipo Biplot.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento 1- Piracicaba

4.1.1 Produtividade anual, parâmetros climáticos e estádios fenológicos da seringueira

A produtividade mensal dos clones GT 1, IAN 873, PB 235 e RRIM 600, o balanço hídrico, a precipitação, as temperaturas médias mensais e a época de ocorrência dos estádios fenológicos estudados estão presentes, na Figura 4.

Durante o período do experimento, verificou-se que as condições de desenvolvimento vegetal foram na maior parte dos meses favoráveis e/ou ótimas com relação às condições de água no solo, de acordo com o CIIAGRO (2011) e com ocorrência poucos déficits hídricos.

As temperaturas médias dos meses mais frios (maio, junho e julho) ficaram um pouco abaixo do limite mínimo para a produção do látex cujo intervalo adequado é de 22° a 28°C segundo Ortolani et al. (2000). Na maioria dos meses, a temperatura também não foi limitante para o fluxo de látex que é de 20° a 24°C de acordo com Jiang (1988).

Com relação à curva de produtividade dos clones, o ciclo de produção 2010-2011 foi superior ao ciclo 2009-2010, destacando-se o clone RRIM 600. Segundo, Gonçalves et al. (2001) este é clone mais plantado no Estado de São Paulo, apresentando a uma das maiores produtividades (em torno de 1.800 kg por hectare ao ano).

Quanto à ocorrência dos estádios fenológicos estudados, no ano agrícola 2009-2010, o refohamento foi observado em setembro, o estágio de folhas maduras em maio e a senescência em junho. Já no ano agrícola de 2010-2011 o refohamento da seringueira ocorreu em julho, o estágio de folhas totalmente maduras em maio e a senescência em julho.

No primeiro ano do estudo, o refohamento se iniciou juntamente com a ocorrência de precipitações elevadas e aumento da temperatura média para valores acima de 20° C. Em 2010, o refohamento coincidiu com a ocorrência precipitações atípicas no mês de julho e a folhagem se desenvolveu mesmo com o período prolongado de estiagem no mês subsequente. Nestes anos, durante o refohamento as condições para o desenvolvimento vegetal foram na maior parte das semanas ótimas e favoráveis (CIIAGRO, 2011). Isto pode ser um indicativo de que o processo de refohamento está relacionado com a disponibilidade hídrica o que é citado empiricamente. Com relação a folhagem se desenvolver mesmo com a ausência de precipitação em agosto de 2010 e sob condições desfavoráveis de água no solo, isto pode ser explicado devido nessas situações, além da planta conseguir absorver água em profundidades superiores à 3 metros, a água estocada anteriormente nos tecidos do caule pode ser utilizada nos processos de desenvolvimento (RAO; VIJAKUMAR, 1992).

Já o estágio de folhas totalmente maduras ocorreu quando a produção foi máxima em ambos os anos. Segundo Ortolani et al. (1998), isso se deve ao fato que a partir de março e se estendendo até aproximadamente junho, a planta dispõe do máximo de energia sem outros drenos para competir com a produção de látex, pois já ocorreu a queda de sementes (frutos). Porém, no presente estudo pode se considerar que os estádios de florescimento e frutificação ocorreram com pouca intensidade, o que também confirma observações empíricas de que os clones não são “bons produtores” de sementes em clima Cwa. As maiores produtividades, neste período, também podem ser explicadas devido ao fato que do mês de abril em diante as condições de equilíbrio térmico e hídrico são mais favoráveis à produtividade, visto que embora ocorra redução gradativa das chuvas, as temperaturas são mais baixas ocorrendo, portanto, menor demanda hídrica pela seringueira (GONÇALVES et al., 2001).

O estágio de senescência ocorreu com a diminuição das precipitações (junho de 2010 e julho de 2011). Quanto mais rápido e pronunciado o decréscimo das chuvas, mais rápida e uniforme é a senescência e queda das folhas (GASPAROTTO et al., 1997). Além disso, Sambugaro (2007) ressalta que além da baixa precipitação, essas características são adaptativas e são geneticamente determinadas. Conseqüentemente, a seringueira sempre perderá folhas em um determinado período do ano, independentemente das variações climáticas que ocorrerem. De acordo com Gonçalves e Fontes (2012) o gênero *Hevea*, como um todo, apresenta evidentes sinais de periodicidade, por exemplo hábito caducifólio.

Os meses com maiores precipitações não coincidiram com os meses de maiores produções. Alguns autores associam a ocorrência de chuvas com redução do brilho solar e o aumento do número de dias desfavoráveis para a sangria, resultando em menores produtividades (ODJUGO; IKHILE, 2004; MESQUITA et al., 2006). No ano agrícola 2009-2010, principalmente nos meses de dezembro e janeiro, a precipitação elevada também proporcionou condições ambientais ideais para o desenvolvimento da antracnose das folhas, causada pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides* Penz., provocando queda de folhas e inflorescências. Isto pode explicar as menores produtividades comparadas com o ano subsequente. Segundo Furtado et al. (1994), os clones GT 1, IAN 873 e PB 235 apresentam maior desfolhamento causado pela antracnose. Destaca-se, no presente estudo queda de produtividade em janeiro de 2010 e ocorrência e refolhamento de recuperação em algumas árvores.

O período de menor produção ocorreu quando as folhas jovens estavam se desenvolvendo e competindo por fotossintetizados. Yeang e Paranjothy (1982) observaram que a correlação entre produção de borracha e densidade da copa foi alterada negativamente

no refofamento, devido uma competição por fotoassimilados. Além disso, até o 32° dia de desenvolvimento foliar a fotossíntese líquida é negativa, devido a ineficiência do aparato fotossintético (MIGUEL et al., 2007). Bernardes et al. (2000) também citam que além da competição por fotoassintetizados, há evidências de que o índice de tamponamento aumenta durante as emissões de folhas, causando redução no fluxo de látex.

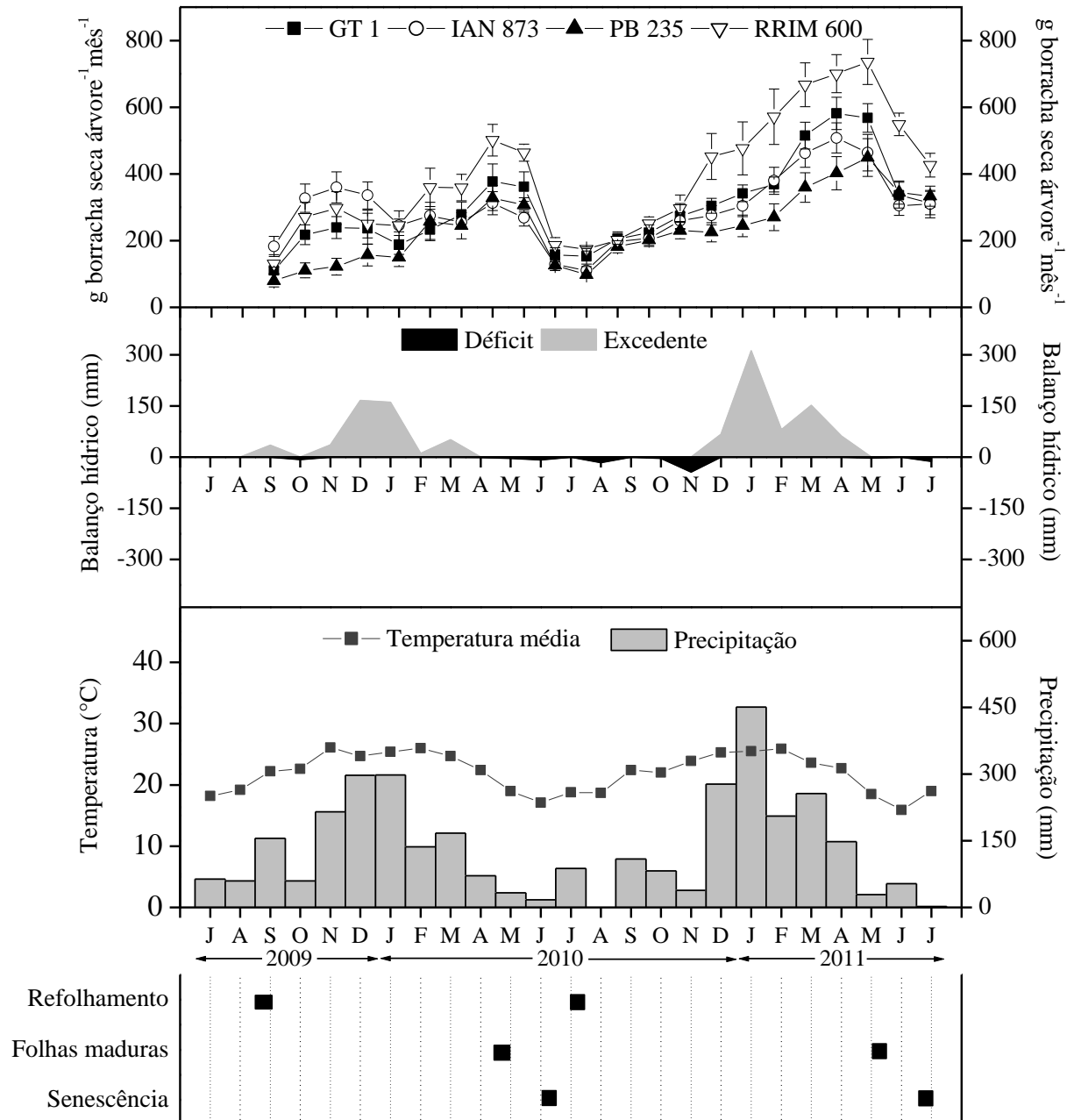


Figura 4 – Produção de clones de seringueira (GT 1, IAN 873, PB 235, RRIM 600), balanço hídrico, parâmetros climáticos (temperatura média e precipitação) e estádios fenológicos (refofamento, folhas maduras e senescência) observados, no município de Piracicaba SP

4.1.2 Análise de variância dos dados de produção, cinzas e macro e micronutrientes da borracha natural

Foi verificada a validação do modelo matemático para a análise de variância das variáveis estudadas. Após a transformação de alguns dados, verificou-se que o modelo matemático foi significativo, ou seja, foram atendidas todas as pressuposições para a análise de variância dos dados, com exceção dos teores de ferro (Fe) da borracha.

Com relação ao Fe, os resultados encontrados na literatura são muito contraditórios e, procurando-se evitar erros de interpretação, esta variável não foi incluída nas análises estatísticas. De acordo com os resultados da análise química, os teores deste elemento variaram de 0,10 a 129,27 mg kg⁻¹ na borracha seca. Esta ampla faixa de resultado pode ter sido ocasionada pela contaminação de amostras apesar dos inúmeros cuidados tomados. Isto pode ter ocorrido durante o processo de sangria e preparo das amostras para o laboratório, pois alguns utensílios utilizados para essas operações possuem ferro na composição, como a faca de sangria e tesoura para picar a borracha. Outras pesquisas demonstram a alta variabilidade dos teores de Fe encontrados nas amostras, podendo-se citar os valores encontrados por Haag et al. (1987) e Murbach (1997), cujos valores variaram de 14 à 265 ppm. Porém, estes autores não explicam a alta variabilidade deste micronutriente na borracha.

Na Tabela 5, estão presentes os resultados da análise de variância dos dados obtidos durante o estágio de refolamento da seringueira. As médias de produção de borracha seca, cinzas, Mg, S, B, Mn e Zn mostraram variações significativas ($p < 0,01$) para clones. Quanto à produção, o clone RRIM 600 foi superior aos demais clones estudados, com uma média de 26,71 g de borracha seca árvore⁻¹ sangria⁻¹ (ANEXO A). Já para a interação clone x sistema de sangria, houve maior significância das variáveis e apenas as médias de N, K e Cu não apresentaram diferença significativa. Neste estágio, há grande restrição dos fatores de produção, relacionados a fatores intrínsecos da planta, principalmente com relação a partição de fotoassimilados para o desenvolvimento de novas folhas e a produção de borracha (BERNARDES et al., 2000). Isto pode ter influenciado no potencial genético dos clones quanto às poucas diferenças nas características do látex. Desta forma, maiores diferenças significativas das variáveis foram observadas a quando os clones foram submetidos a diferentes sistemas de sangria. Isto corrobora os resultados de Silva (2008) que demonstrou grande variação na resposta entre os clones, quando submetidos à diferentes sistemas de exploração.

No estágio de folhas maduras (Tabela 6), apenas as médias de N, S, Cu e Mn não

apresentaram diferença significativa ($p < 0,01$) para clones. Para a interação clone x sistemas de sangria as médias de cinzas, N, P, K, Mg e Zn apresentaram diferenças significativas. Neste estágio, no qual as condições ambientais e o estágio fenológico da seringueira foram favoráveis, os clones expressaram maior variabilidade genética entre si, principalmente com relação à produção, sendo que o clone RRIM 600 foi superior, apresentando média de produção de 101,40 g de borracha seca árvore⁻¹ sangria⁻¹ (ANEXO A).

Já no estágio de senescência foliar, apenas as médias de P, Mg e Mn apresentaram diferença significativa ($p < 0,01$) para clones e as médias produção e Mn para a interação clone x sistema de sangria (Tabela 7). Neste estágio, a produção foi mais influenciada pela prática de sangria do que pelo material genético ou que especificamente os clones estudados não apresentam diferente capacidade produtiva. Neste estágio, houve restrição quanto aos requerimentos climáticos para a produção, o que também pode ter influenciado o potencial genético dos clones.

Como a interação clone x sistemas de sangria é de interesse principal do estudo, foi realizada a análise do desdobramento, nesta fonte de variação e, obtidos resultados para os sistemas de sangria dentro de cada clone o qual foram discutidos separadamente a seguir.

Tabela 5 - Quadrados médios da análise de variância e média geral da produção (gramas de borracha seca árvore⁻¹ sangria⁻¹), cinzas e teores de macro e micronutrientes da borracha seca, no estádio de refoamento de quatro clones de seringueira sob três sistemas de sangria, no município de Piracicaba SP

Fontes de Variação	G.L.	Produção	Cinzas	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Mn	Zn
		(1)	(1)				(2)	(1)	(2)	(1)		(2)	(2)
		g	%	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹			
Blocos	3	0,0007 ^{ns}	0,1244 ^{ns}	0,81 ^{ns}	0,20 ^{ns}	1,96 ^{ns}	0,0032 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,52 ^{ns}	5,45 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,06 ^{ns}
Clones (A)	3	0,0200 ^{**}	0,9001 ^{**}	0,43 ^{ns}	0,55 ^{ns}	2,98 ^{ns}	0,0100 ^{ns}	1,36 ^{**}	0,230 ^{**}	71,38 ^{**}	7,63 ^{ns}	0,060 ^{**}	2,26 ^{**}
Resíduo (a)	9	0,0004	0,0197	0,98	0,29	1,96	0,0008	0,01	0,001	0,84	4,40	0,010	0,07
Sistemas de sangria (B)	2	0,0900 ^{**}	0,0895 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,0016 ^{ns}	0,12 ^{**}	0,010 ^{**}	22,56 ^{**}	19,78 ^{**}	0,010 ^{ns}	3,45 ^{**}
A x B	6	0,0100 ^{**}	0,3216 ^{**}	0,44 ^{ns}	3,16 ^{**}	1,47 ^{ns}	0,0028 ^{**}	0,08 ^{**}	0,030 ^{**}	65,07 ^{**}	7,70 ^{ns}	0,090 ^{**}	0,53 ^{**}
Resíduo (b)	72	0,0005	0,0229	0,34	0,25	0,60	0,0005	0,01	0,001	0,52	2,59	0,005	0,04
Total	95												
Média geral		19,28	0,15	2,65	3,18	4,70	0,03	0,99	0,10	0,22	5,79	1,27	9,51
CV % (A)		8,00	5,36	37,30	16,86	29,79	15,49	8,64	9,21	6,69	36,23	6,93	8,62
CV % (B)		8,79	5,79	22,14	15,60	16,48	12,47	8,59	9,08	7,35	27,79	6,29	6,72

¹ e ² os dados foram transformados em $\frac{1}{\sqrt{x}}$ e \sqrt{x} , respectivamente. As médias apresentadas se referem aos dados originais.

^{ns} e ^{**} não significativo e significativo a 1%, respectivamente pelo teste F.

Tabela 6 - Quadrados médios da análise de variância e média geral da produção (gramas de borracha seca árvore⁻¹ sangria⁻¹), cinzas e teores de macro e micronutrientes da borracha seca, no estádio de folhas maduras de quatro clones de seringueira sob três sistemas de sangria, no município de Piracicaba SP.

Fontes de Variação	G.L.	Produção	Cinzas	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Mn	Zn
		(2)	(1)										
		g	%	g kg ⁻¹									
		mg kg ⁻¹											
Blocos	3	2,29 ^{ns}	0,476 ^{ns}	3,62 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,030 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,020 ^{ns}	2,92 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,05 ^{ns}
Clones (A)	3	46,74 ^{**}	1,677 ^{**}	1,31 ^{ns}	0,59 ^{**}	0,003 ^{**}	8,82 ^{**}	5,32 ^{**}	0,020 ^{ns}	0,080 ^{**}	13,48 ^{ns}	0,06 ^{ns}	1,10 ^{**}
Resíduo (a)	9	4,78	0,088	0,41	0,02	0,080	1,10	0,05	0,003	0,005	2,22	0,02	0,06
Sistemas de sangria (B)	2	23,18 ^{ns}	3,285 ^{**}	2,78 ^{ns}	0,67 ^{**}	0,010 ^{**}	8,61 ^{**}	0,08 ^{ns}	0,070 ^{**}	0,010 ^{ns}	15,55 ^{**}	0,06 ^{ns}	0,22 ^{**}
A x B	6	4,99 ^{ns}	0,370 ^{**}	2,54 ^{**}	0,10 ^{**}	0,001 ^{**}	3,14 ^{ns}	0,22 ^{**}	0,004 ^{ns}	0,010 ^{ns}	1,86 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,16 ^{**}
Resíduo (b)	72	5,63	0,098	0,74	0,02	0,030	1,40	0,05	0,002	0,010	1,51	0,03	0,02
Total	95												
Média geral		69,44	0,17	2,59	2,30	4,26	0,03	0,19	0,04	0,25	2,82	0,62	3,66
CV % (A)		27,67	11,49	24,77	9,26	10,38	15,75	9,61	27,64	13,99	52,78	20,87	13,45
CV % (B)		30,04	12,08	33,31	8,48	6,83	17,70	9,26	25,09	18,05	43,64	25,39	7,34

¹ e ² os dados foram transformados em $\frac{1}{\sqrt{x}}$ e \sqrt{x} , respectivamente. As médias apresentadas se referem aos dados originais.

^{ns} e ^{**} não significativo e significativo a 1%, respectivamente pelo teste F.

Tabela 7 - Quadrados médios da análise de variância e média geral da produção (gramas de borracha seca árvore⁻¹ sangria⁻¹), cinzas e teores de macro e micronutrientes da borracha seca, no estágio de senescência de folhas de quatro clones de seringueira sob três sistemas de sangria, no município de Piracicaba SP.

Fontes de Variação	G.L.	Produção	Cinzas	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Mn	Zn
		(1) g	%	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹			
Blocos	3	2,34 ^{ns}	0,0047 ^{ns}	2,44 ^{ns}	0,50 ^{ns}	14,13 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	0,160 ^{ns}	0,00005 ^{ns}	0,0500 ^{ns}	9,16 ^{ns}	0,06 ^{ns}	10,8 ^{ns}
Clones (A)	3	9,78 ^{ns}	0,2866 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,80 ^{**}	1,08 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	0,003 ^{**}	0,00001 ^{ns}	0,0100 ^{ns}	15,31 ^{ns}	1,15 ^{**}	3,11 ^{ns}
Resíduo (a)	9	2,85	0,0065	0,95	0,07	3,32	0,0006	0,010	0,00003	0,0200	3,71	0,10	1,07
Sistemas de sangria (B)	2	99,53 ^{**}	0,5661 ^{**}	0,07 ^{ns}	0,09 ^{ns}	8,88 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,00001 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	5,28 ^{ns}	0,97 ^{**}	19,02 ^{**}
A x B	6	5,59 ^{**}	0,0087 ^{ns}	2,11 ^{ns}	0,30 ^{ns}	5,40 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,00006 ^{ns}	0,0200 ^{ns}	3,43 ^{ns}	1,22 ^{**}	1,99 ^{ns}
Resíduo (b)	72	1,72	0,0043	0,96	0,20	1,96	0,0003	0,160	0,00002	0,0100	2,23	0,10	1,43
Total	95												
Média geral		51,74	0,27	4,39	1,93	6,07	0,04	0,15	0,01	0,45	3,85	1,26	3,79
CV % (A)		24,54	29,63	22,19	13,65	27,14	51,65	14,72	44,02	28,67	50,09	25,51	27,31
CV % (B)		19,07	24,12	22,28	23,05	20,88	40,58	13,09	38,05	24,84	38,83	25,45	31,65

¹ os dados foram transformados em \sqrt{x} . As médias apresentadas se referem aos dados originais.

^{ns} e ^{**} não significativo e significativo a 1%, respectivamente pelo teste F.

4.1.3 Produção e caracterização química da borracha natural do clone GT 1 em função dos sistemas de sangria e estádios fenológicos

Nos estádios de maiores restrições para o metabolismo da seringueira, o clone GT 1 apresentou maiores produções sob os sistemas de menores frequências de sangria com estimulação (Figura 5 A). No refohamento, os sistemas $\frac{1}{2}S$ d/4 ET 2,5% e $\frac{1}{2}S$ d/7 ET 2,5% foram superiores, enquanto que no estádio de senescência houve maior média de produção quando as árvores foram submetidas ao sistema $\frac{1}{2}S$ d/7 ET 2,5%. No estádio de folhas maduras, não houve diferença entre os sistemas de sangria e os sistemas com estimulação não promoveram o acréscimo de produção. Uma das explicações, é que apesar do clone GT 1 responder bem à baixas frequências de sangria, apresenta uma resposta não muito acentuada à estimulação, sendo classificado como “abaixo da média” pelo RRIM (1989). Esse resultado concorda com os encontrados por Gonçalves et al. (2000), Pereira et al. (2001) e Silva et al. (2007b). De acordo com Silva et al. (2007b) sob o ponto de vista de produção média anual, o sistema mais recomendado para este clone é o $\frac{1}{2}S$ d/7 ET 2,5%.

Quanto à porcentagem de cinzas da borracha (CNZ%) nos estádios de refohamento e folhas maduras verificou-se menores médias sob o sistema $\frac{1}{2}S$ d/7 ET 2,5%, enquanto que na senescência não houve diferença entre os sistemas de sangria (Figura 5B).

Conforme já mencionado, a CNZ% fornece uma estimativa do conteúdo de nutrientes minerais presentes na borracha. Analisando o resultado de CNZ% juntamente com os dados de produção, percebe-se que sob o sistema de sangria $\frac{1}{2}S$ d/7 ET 2,5%, o clone GT 1 foi mais eficiente no uso de nutrientes para a produção de borracha, pois extraiu menos nutrientes e manteve a produção elevada ou superior nos diferentes estádios. Isto provavelmente está relacionado a um metabolismo menos intenso sob esse sistema de sangria para o processo de regeneração do látex entre duas sangrias, conforme explica Castro (2000).

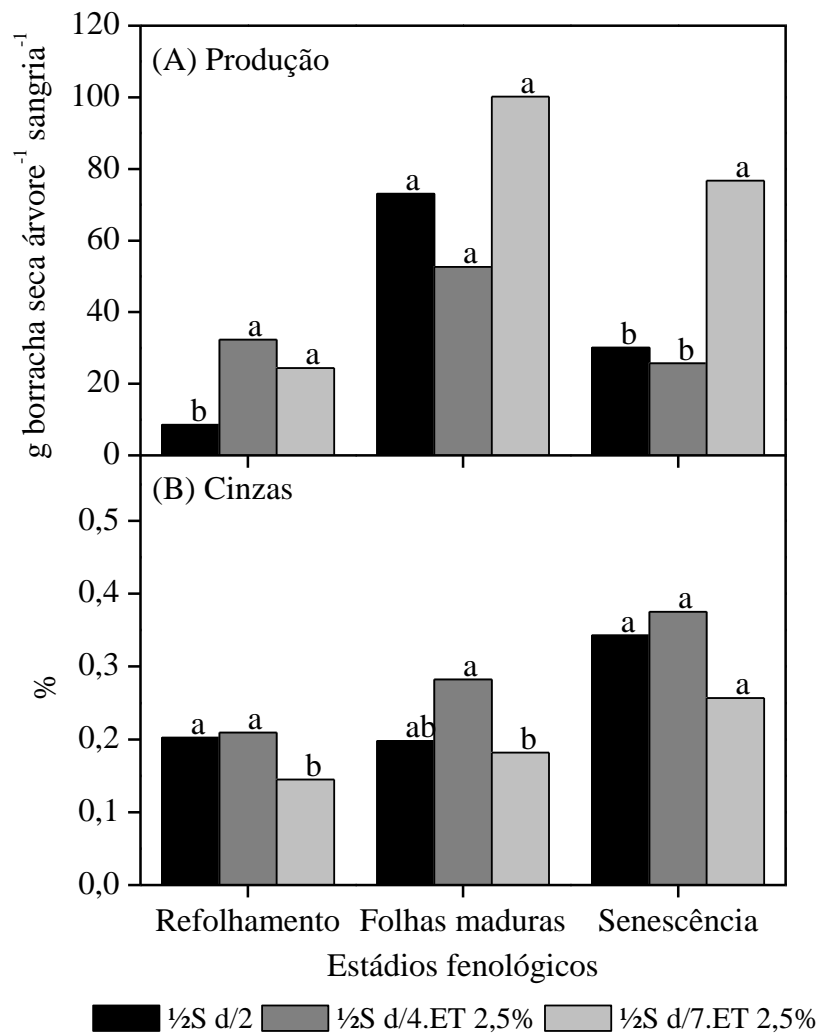


Figura 5 - Médias de produção e cinzas da borracha natural do clone GT 1 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Piracicaba SP. Médias seguidas de mesma letra para cada estágio não diferem entre si pelo teste de Tukey à 1% de significância

Com relação aos macronutrientes, houve diferenças para os sistemas de sangria, no estágio de refolamento e folhas maduras (Figura 6). Para o P, K, Ca, e Mg os menores teores destes nutrientes foram obtidos na borracha de clones submetidos ao sistema $\frac{1}{2}$ S d/7 ET 2,5%. Isto confirma os resultados dos menores teores de cinzas neste tratamento, reforçando a idéia da melhor eficiência deste sistema de sangria para este clone (Figura 6 B, Ce D).

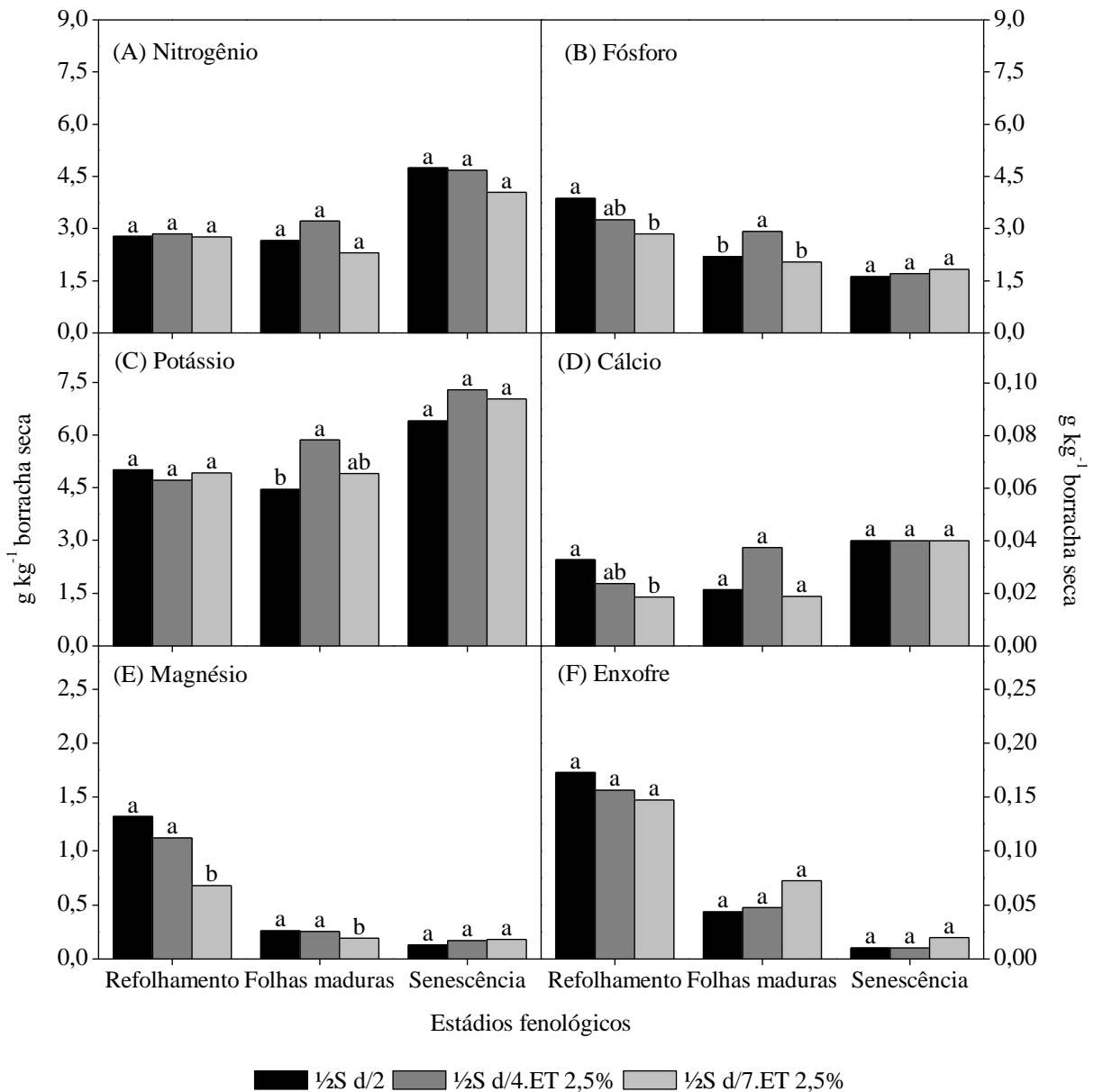


Figura 6 - Médias dos teores de macronutrientes da borracha natural do clone GT 1 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Piracicaba SP. Médias seguidas de mesma letra para cada estágio não diferem entre si pelo teste de Tukey à 1% de significância

Para os micronutrientes, observou-se diferença entre os sistemas de sangria no estágio de refolamento quanto aos teores médios de B, Mn e Zn na borracha (Figura 7 A, C e D). No estágio de senescência, apenas as médias de Mn foram diferentes sob os diferentes sistemas de sangria. Estes nutrientes foram extraídos em menores quantidades sob o sistema de menor frequência de sangria com estimulação ($\frac{1}{2}$ S d/7 ET 2,5%).

Considerando os valores absolutos, a extração de nutrientes foi na seguinte ordem decrescente: K, N, P, Mg, S, Ca, Zn, Cu, Mn e B. Destaca-se a elevada extração de Mg, S, Cu e Zn no estágio de refolamento.

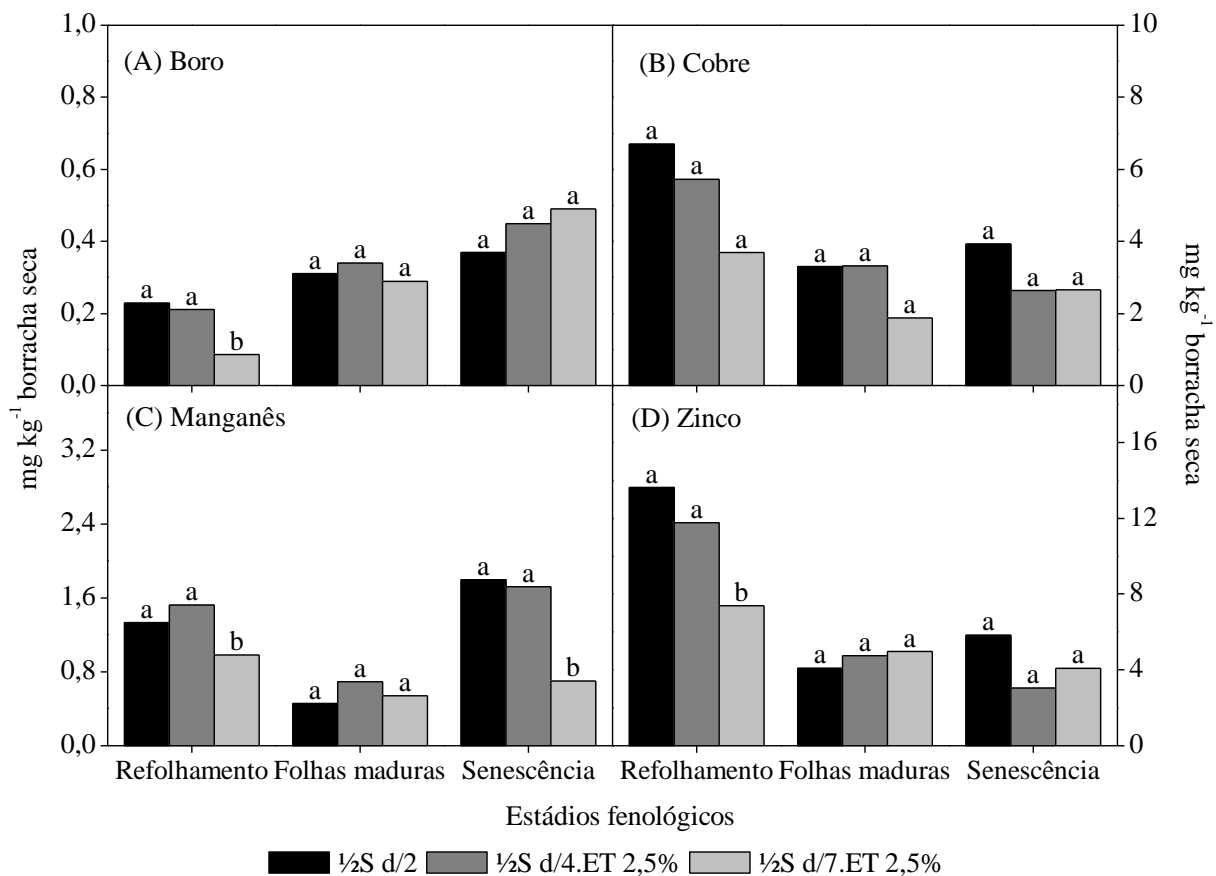


Figura 7 - Médias dos teores de micronutrientes da borracha natural do clone GT 1 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Piracicaba SP. Médias seguidas de mesma letra para cada estágio não diferem entre si pelo teste de Tukey à 1% de significância

4.1.4 Produção e caracterização química da borracha natural do clone IAN 873 em função dos sistemas de sangria e estádios fenológicos

Para o clone IAN 873, os sistemas com menores frequências de sangria e estimulação ($\frac{1}{2}S$ d/4 ET 2,5% e $\frac{1}{2}S$ d/7 ET 2,5%) só foram mais vantajosos no estágio de refolamento (Figura 8 A).

De acordo com Silva (2008) e Silva et al. (2010), o sistema $\frac{1}{2}S$ d/2 induz uma produtividade crescente para este clone em comparação com sistemas de menores frequências com estimulação. O resultado do presente trabalho também corrobora com os encontrados por Furlani Junior et al. (2003) onde foram observados maiores respostas de produção por área quando houve aumento da frequência de sangria. Porém, de acordo com Virgens-Filho e Sena-Gomes (2000), o uso de sistemas com alta frequência de sangria para este clone deve ser evitado na medida do possível, devido às inconveniências de baixo rendimento da mão-de-obra e excessivo consumo de casca. Silva et al. (2010) explicam que apesar do melhor rendimento produtivo para clone IAN 873 ocorrer em sistemas de alta frequência de sangria, a melhor rentabilidade econômica é obtida no sistema $\frac{1}{2}S$ d/7 ET 2,5%.

Quanto aos teores de CNZ%, sob o sistema $\frac{1}{2}S$ d/7 ET 2,5% as médias foram menores no estágio de folhas maduras, o que pode indicar um uso mais eficiente dos nutrientes durante este estágio (Figura 8 B).

Comparado com os outros clones, o IAN 873 foi o que apresentou menor produção durante o período de refolamento e senescência. Já durante o estágio de folhas maduras a produção foi comparável com os demais clones. Isto confirma que este clone diminui muito sua produção sob condições adversas do ambiente, como por exemplo, déficits hídricos conforme observou Saraswathyamma et al. (2000) e Gonçalves et al. (2001). A queda de produção deste clone durante os estádios mais restritivos, também pode indicar menor eficiência produtiva devido a fatores intrínsecos à planta, como por exemplo a partição de nutrientes para formação de novas folhas e reutilização destes durante a senescência.

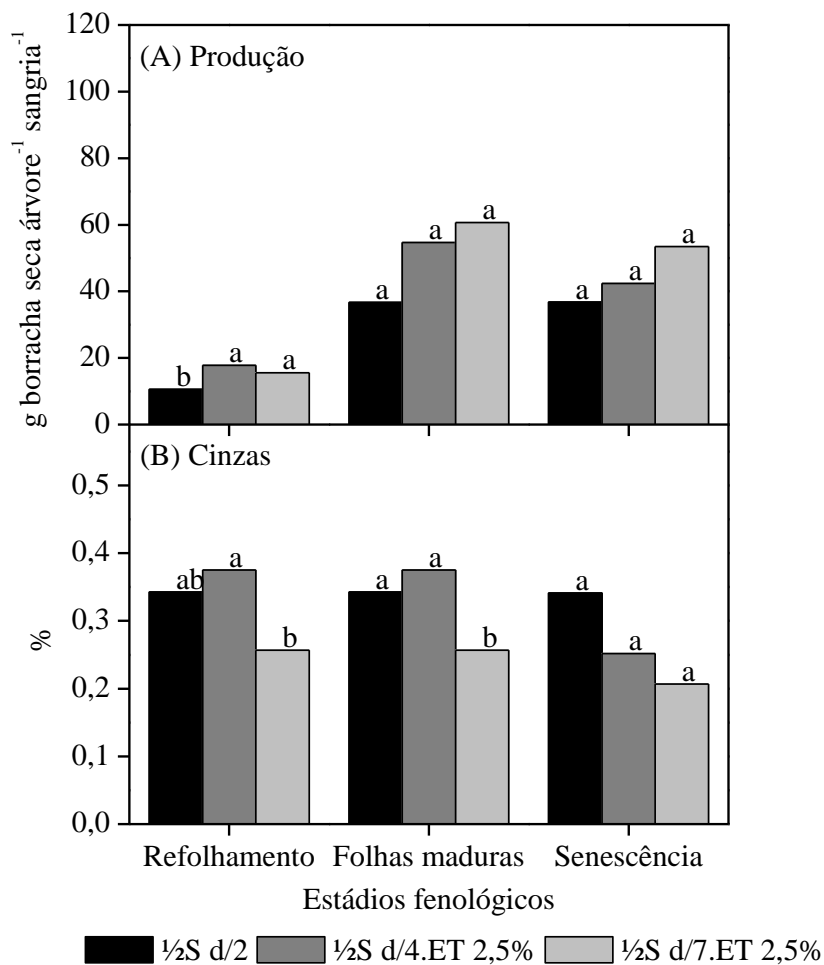


Figura 8 - Médias de produção e cinzas da borracha natural do clone IAN 873 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Piracicaba SP. Médias seguidas de mesma letra para cada estágio não diferem entre si pelo teste de Tukey à 1% de significância

No estágio de refohamento, os teores médios dos macronutrientes P, Mg e S na borracha foram maiores sob o sistema 1/2S d/4 ET 2,5% (Figura 9 B, E e F). Já os teores de N, P, K foram superiores na borracha obtida nos sistemas 1/2S d/2 e 1/2S d/4 ET 2,5%, no estágio de folhas maduras (Figura 9 A, B e C). No estágio de senescência, as médias dos teores de todos dos macronutrientes foram estatisticamente iguais. Destaca-se a elevada extração relativa de Mg no estágio de refohamento, comparado com os teores deste elemento no demais estádios fenológicos.

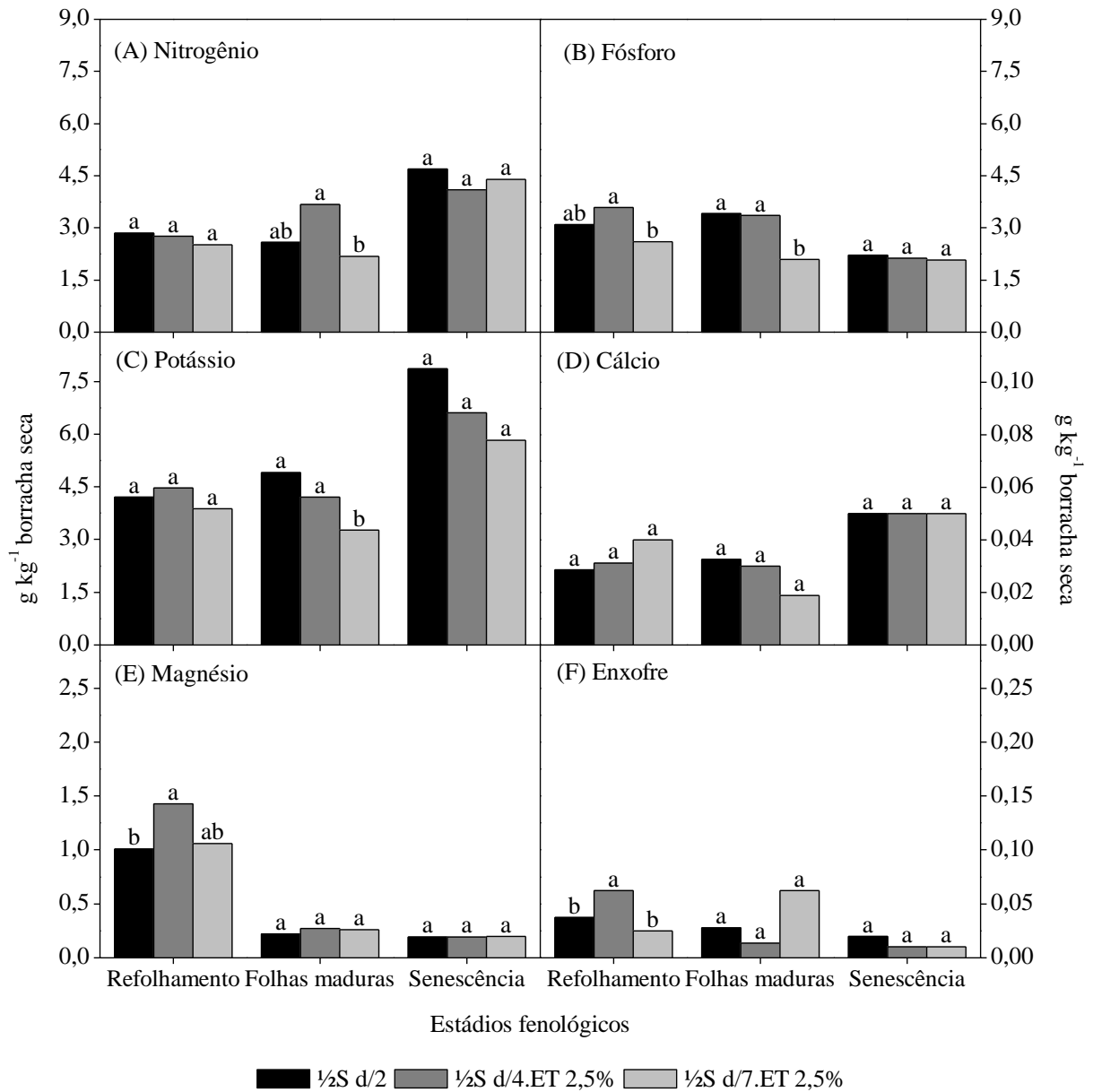


Figura 9 - Médias dos teores de macronutrientes da borracha natural do clone IAN 873 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Piracicaba SP. Médias seguidas de mesma letra para cada estágio não diferem entre si pelo teste de Tukey à 1% de significância

Quanto aos micronutrientes, apenas as médias de Mn durante refolamento e Zn durante os estádios de refolamento e folhas maduras apresentaram diferenças quando as árvores foram submetidas aos diferentes sistemas de sangria (Figura 10 C e D). Para o Mn o sistema 1/2S d/2 extraiu as menores quantidades deste nutriente, ocorrendo o inverso para o Zn durante os estádios de refolamento e folha madura.

A ordem de extração dos nutrientes em valores absolutos foi a seguinte: K, N, P, Mg, Ca, S, Zn, Cu, Mn e B.

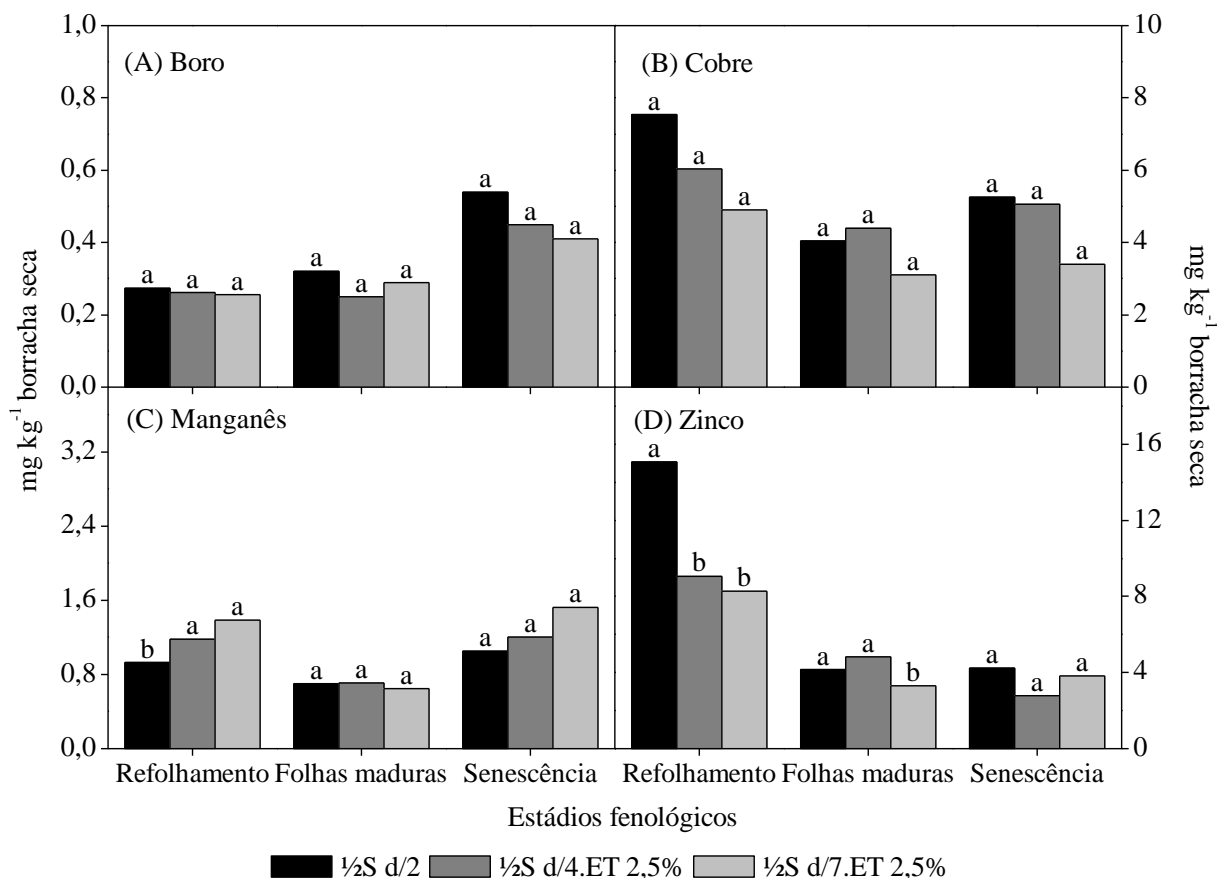


Figura 10 - Médias dos teores de micronutrientes da borracha natural do clone IAN 873 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Piracicaba SP. Médias seguidas de mesma letra para cada estágio não diferem entre si pelo teste de Tukey à 1% de significância

4.1.5 Produção e caracterização química da borracha natural do clone PB 235 em função dos sistemas de sangria e estádios fenológicos

O clone PB 235 apresentou as menores produções durante os estádios de refohamento e folhas maduras quando comparado com os outros clones. Este clone é caracterizado por ser de alta produção, porque possui um metabolismo muito ativo segundo diversos autores como Nair et al. (2004) e Bernardes, Righi e Abbud (2000). De acordo com esses autores, este é o motivo da baixa resposta à estimulação química deste clone, com forte tendência de queda de produção em períodos prolongados de estimulação.

Nos estádios menos favoráveis para a produção de borracha (refolhamento e senescência), este clone foi mais produtivo sob o sistema $\frac{1}{2}S$ d/7 ET 2,5% (Figura 11 A). De acordo com Silva (2008) este sistema proporciona uma produção mais constante ao longo dos anos para este clone, enquanto sob sistemas de maiores frequências de sangria ocorre uma queda acentuada de produção à partir do segundo ano após o início da sangria.

A produção deste clone foi comparável com os outros clones apenas no estágio de senescência. Isto pode ser explicado devido ao maior aporte de nutrientes para a região de regeneração do látex nos vasos laticíferos, durante a remobilização de elementos móveis das folhas em senescência. Isto pode ser confirmado pelo maior teor absoluto de cinzas neste estágio (Figura 11 B) e, provavelmente maior disponibilidade de nutrientes favorecendo o metabolismo mais ativo deste clone.

Durante o estágio de folhas maduras, a média produção sob o sistema $\frac{1}{2}S$ d/2 foi equivalente à produção sob os sistemas de baixa frequência de sangria. A possível explicação para este resultado é das folhas não estarem mais competindo por nutrientes, possibilitando usá-los na produção de borracha, o que também pode ser confirmado pelo maior teor de cinzas obtido sob o sistema $\frac{1}{2}S$ d/2.

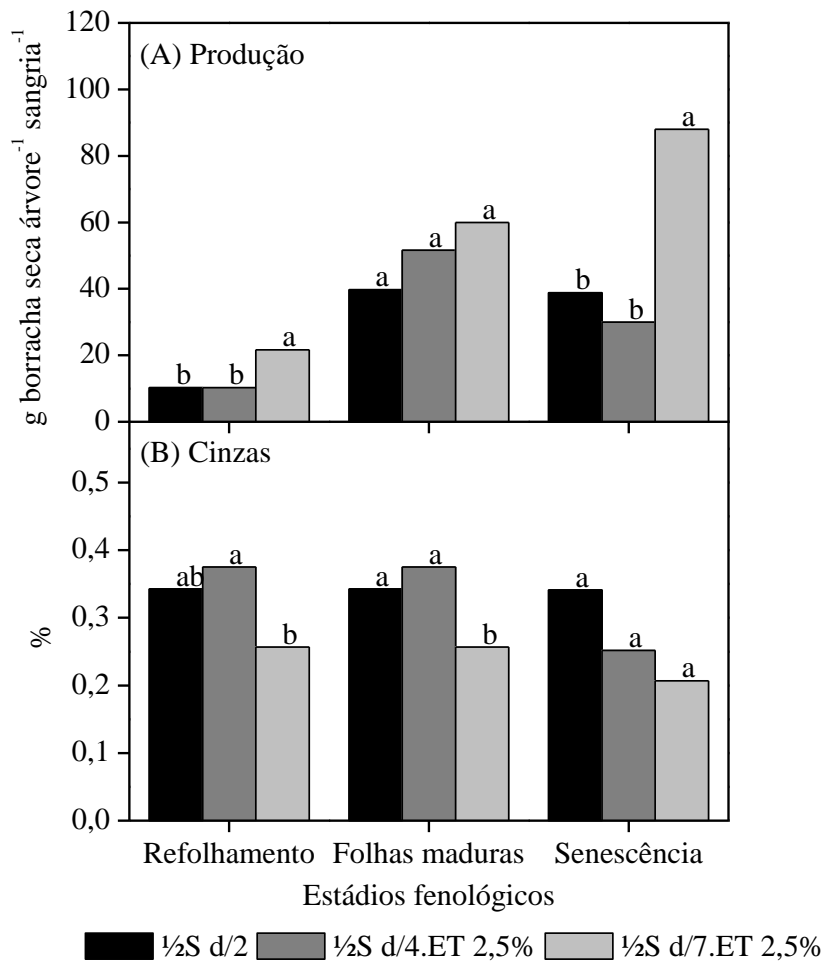


Figura 11 - Médias de produção e cinzas da borracha natural do clone PB 235 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Piracicaba SP. Médias seguidas de mesma letra para cada estágio não diferem entre si pelo teste de Tukey à 1% de significância

Entre os macronutrientes presentes na borracha em valores absolutos totais, se destaca o K, o que pode explicar dentre outros possíveis fatores, o metabolismo muito ativo do clone PB 235. Segundo Jacob et al. (1988) este nutriente é essencial na nutrição da seringueira, devido sua função metabólica nos processos ligados à translocação de compostos fotossintetizados pelo floema, à síntese isoprênica e à duração do fluxo de látex após a sangria. Quanto aos tratamentos o K, foi menos extraído sob o sistema ½S d/7 ET 2,5%, no estágio de folhas maduras (Figura 12 C).

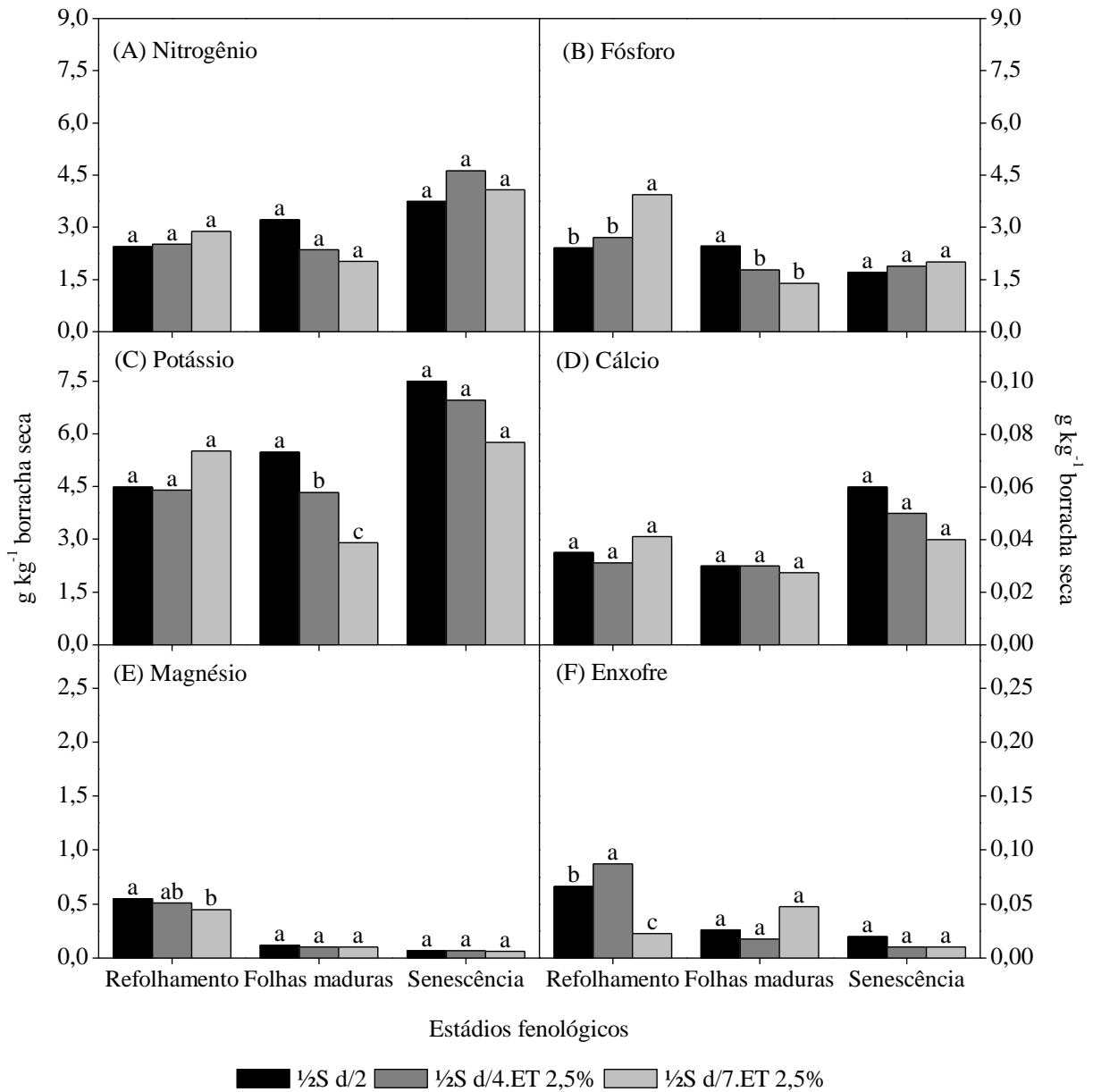


Figura 12 - Médias dos teores de macronutrientes da borracha natural do clone PB 235 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Piracicaba SP. Médias seguidas de mesma letra para cada estágio não diferem entre si pelo teste de Tukey à 1% de significância

Quanto aos micronutrientes, percebe-se que no estágio de refolamento os mesmos foram mais influenciados pelos sistemas de sangria, com destaque para o B, Mn e Zn (Figura 13 A, C e D). O Zn sob o sistema $\frac{1}{2}$ S d/2 foi o micronutriente mais extraído.

A ordem de maior extração dos nutrientes seguiu a mesma tendência do clone IAN 873, sendo a seguinte: K, N, P, Mg, Ca, S, Zn, Cu, Mn e B.

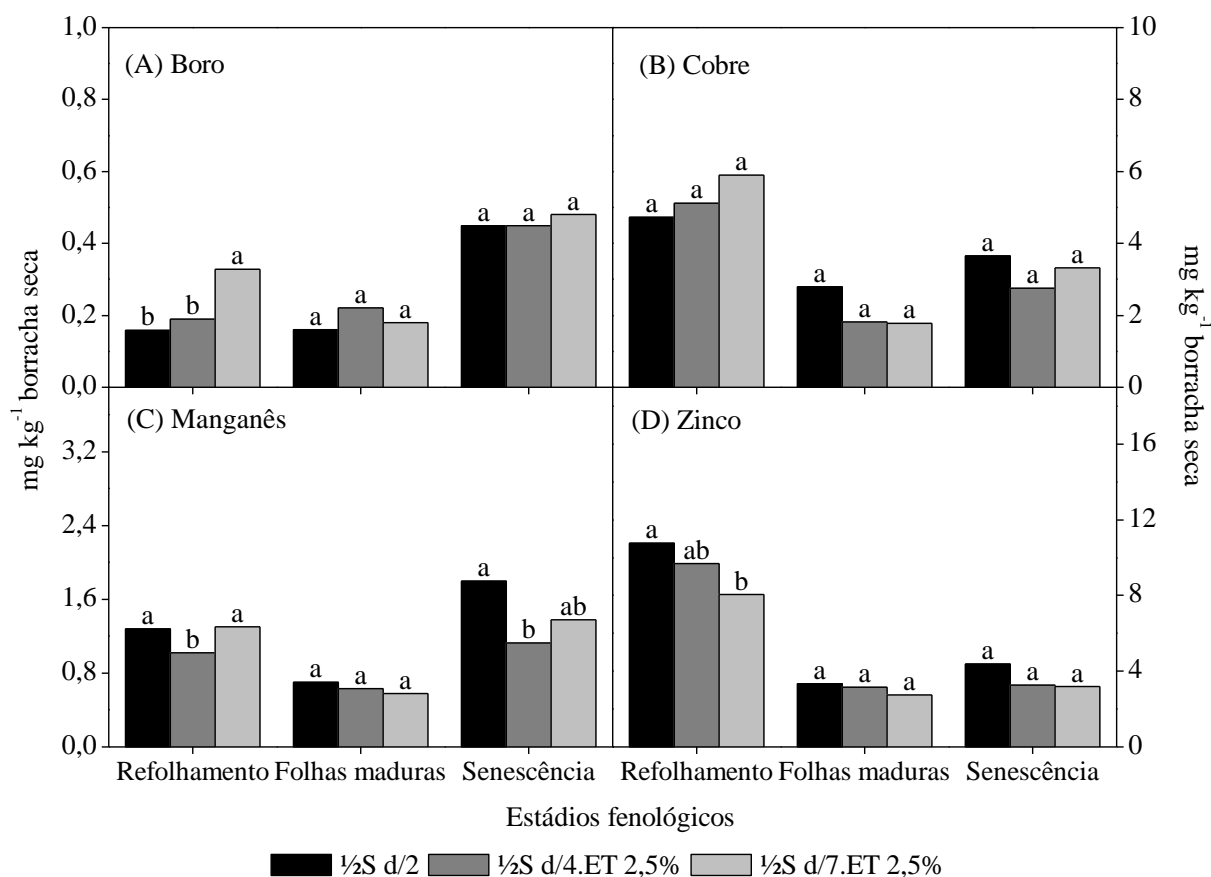


Figura 13 - Médias dos teores de micronutrientes da borracha natural do clone PB 235 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Piracicaba SP. Médias seguidas de mesma letra para cada estágio não diferem entre si pelo teste de Tukey à 1% de significância

4.1.6 Produção e caracterização química da borracha natural do clone RRIM 600 em função dos sistemas de sangria e estádios fenológicos

Durante o estágio de refohamento e folhas maduras o clone RRIM 600 foi o mais produtivo comparado com os outros clones avaliados. Segundo Gonçalves et al. (2001) este clone é um dos mais produtivos no Estado de São Paulo, apresentando produção crescente após a entrada em sangria. No estágio de folhas maduras, este clone alcançou média de produção de 101,40 g árvore⁻¹ sangria⁻¹, sendo a maior produção observada durante a avaliação dos experimentos (ANEXO A).

Nos estádios de refohamento e senescência, a maior produção foi obtida no sistema ½S d/7 ET 2,5% (Figura 14 A). No estágio de folhas maduras, não houve diferença na produção nos três sistemas de sangria. Silva et al. (2007b) observou que na frequência de sangria a cada 7 dias, ocorre uma maior produção para este clone. De acordo com observações feitas por Gonçalves et al. (2000), o RRIM 600 responde melhor em termos de produção por árvore por sangria quanto menor for a frequência de sangria.

Em valores absolutos, a produção obtida no sistema ½S d/7 ET 2,5% durante a senescência é comparável com a produção obtida neste mesmo sistema no estágio de folhas maduras. Este resultado corrobora a observação feita por Gonçalves et al. (2001) que explicam que a produção durante a senescência permanece elevada para este clone.

Assim como nos outros clones, a CNZ% sob o sistema ½S d/7 ET 2,5% foi menor, o que pode indicar um uso mais eficiente dos nutrientes durante o estágio de folhas maduras (Figura 14 B). Isto também pode ser observado nos estádios de refohamento e senescência, visto que este sistema proporcionou maior produção extraíndo as mesmas médias de nutrientes minerais quando comparado com os demais sistemas de sangria.

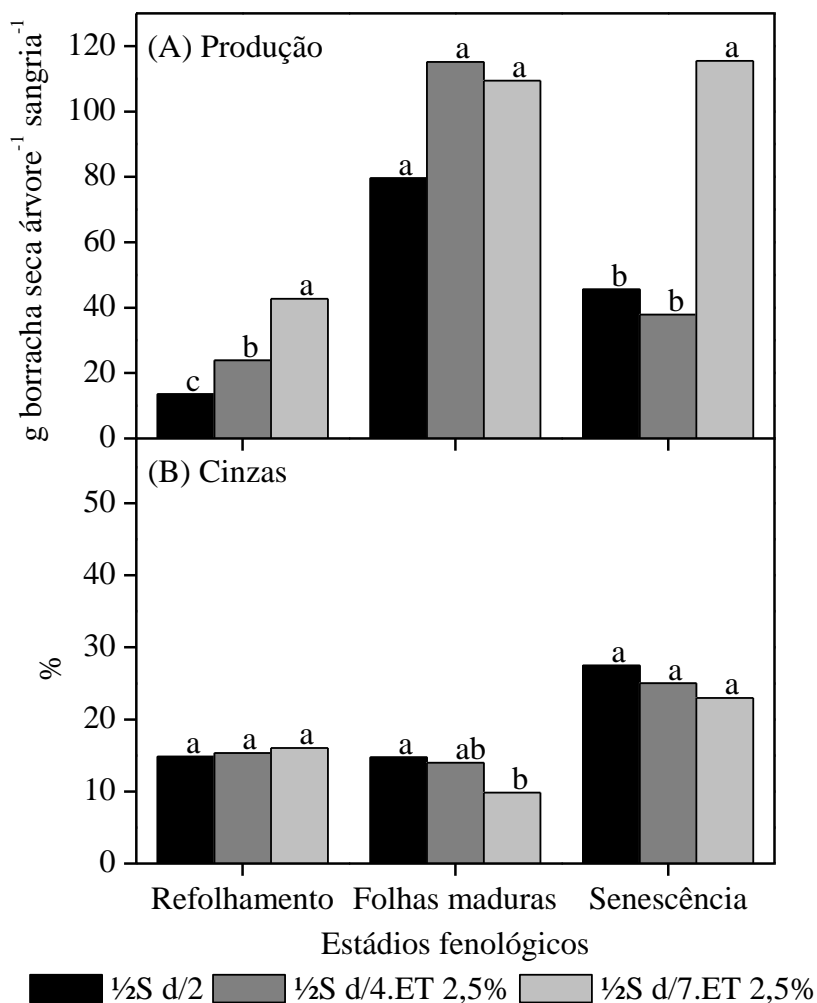


Figura 14 - Médias de produção e cinzas da borracha natural do clone RRIM 600 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Piracicaba SP. Médias seguidas de mesma letra para cada estágio não diferem entre si pelo teste de Tukey à 1% de significância

Com relação aos macronutrientes presentes na borracha, as médias de P e K foram menores sob o sistema 1/2S d/7 ET 2,5% quando se compara as médias obtidas nos demais sistemas de sangria, no estágio de folhas maduras (Figura 15 B e C). Este sistema também proporcionou o menor teor de Ca na borracha obtida durante o refoalhamento, ocorrendo o contrário para a média de S para o qual foi observando maior concentração deste nutriente (Figura 15 D e F).

Em valores absolutos se destaca os teores de Mg e S presentes na borracha coletada no estágio de refoalhamento, quando comparada com as obtidas no demais estádios fenológicos.

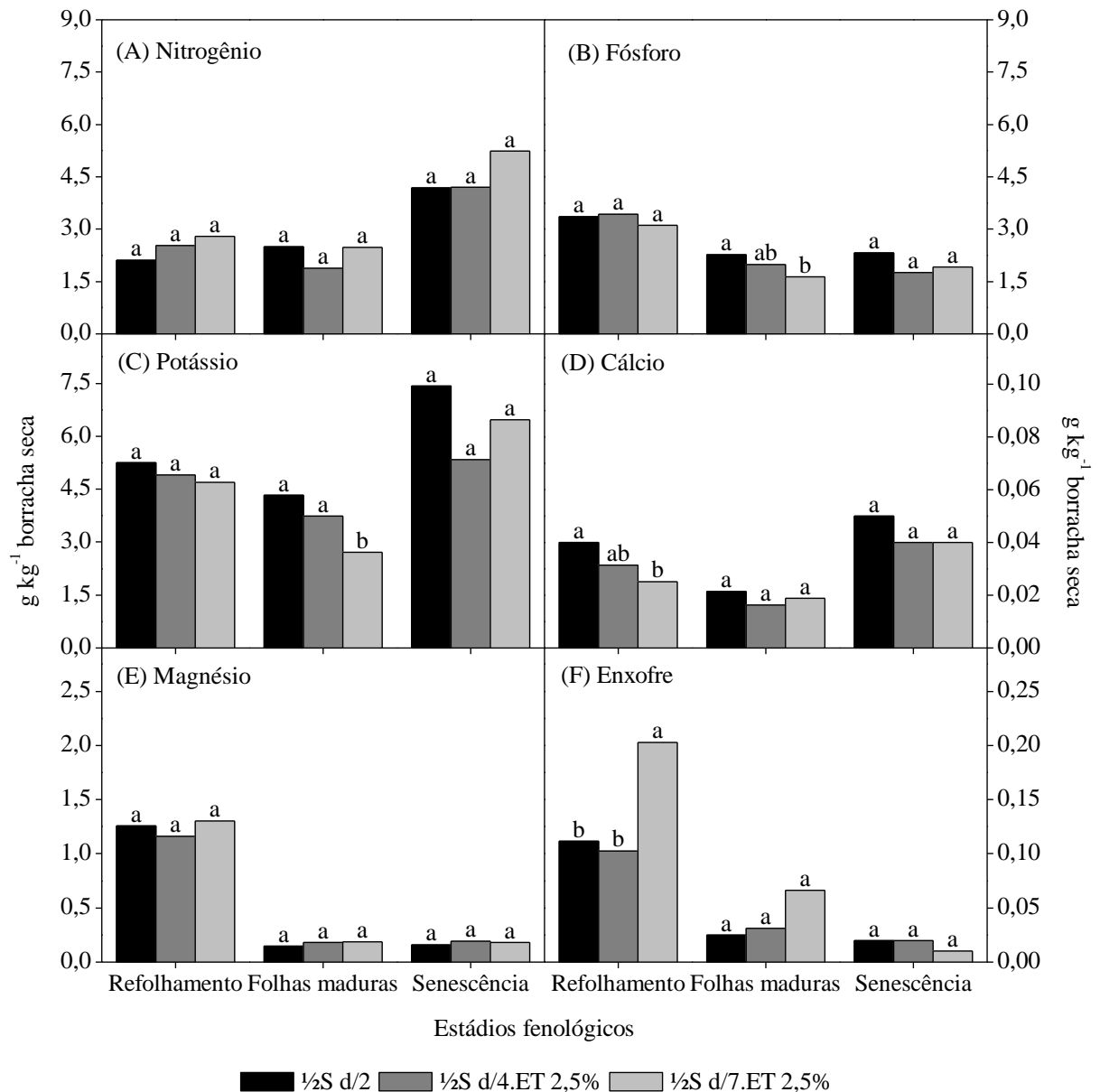


Figura 15- Médias dos teores de macronutrientes da borracha natural do clone RRIM 600 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Piracicaba SP. Médias seguidas de mesma letra para cada estágio não diferem entre si pelo teste de Tukey à 1% de significância

Os micronutrientes B, Cu e Zn foram menos extraídos na borracha obtida sob o sistema de menor frequência de sangria $\frac{1}{2}\text{S d/7 ET 2,5\%}$, durante o estágio de refoalhamento (Figura 16 A, C e D). Observa-se o mesmo resultado sob este sistema para o Zn durante o estágio de folhas maduras.

A ordem de extração de nutrientes na borracha coletada deste clone foi a seguinte: K, N, P, Mg, S, Ca, Cu, Zn, Mn e B.

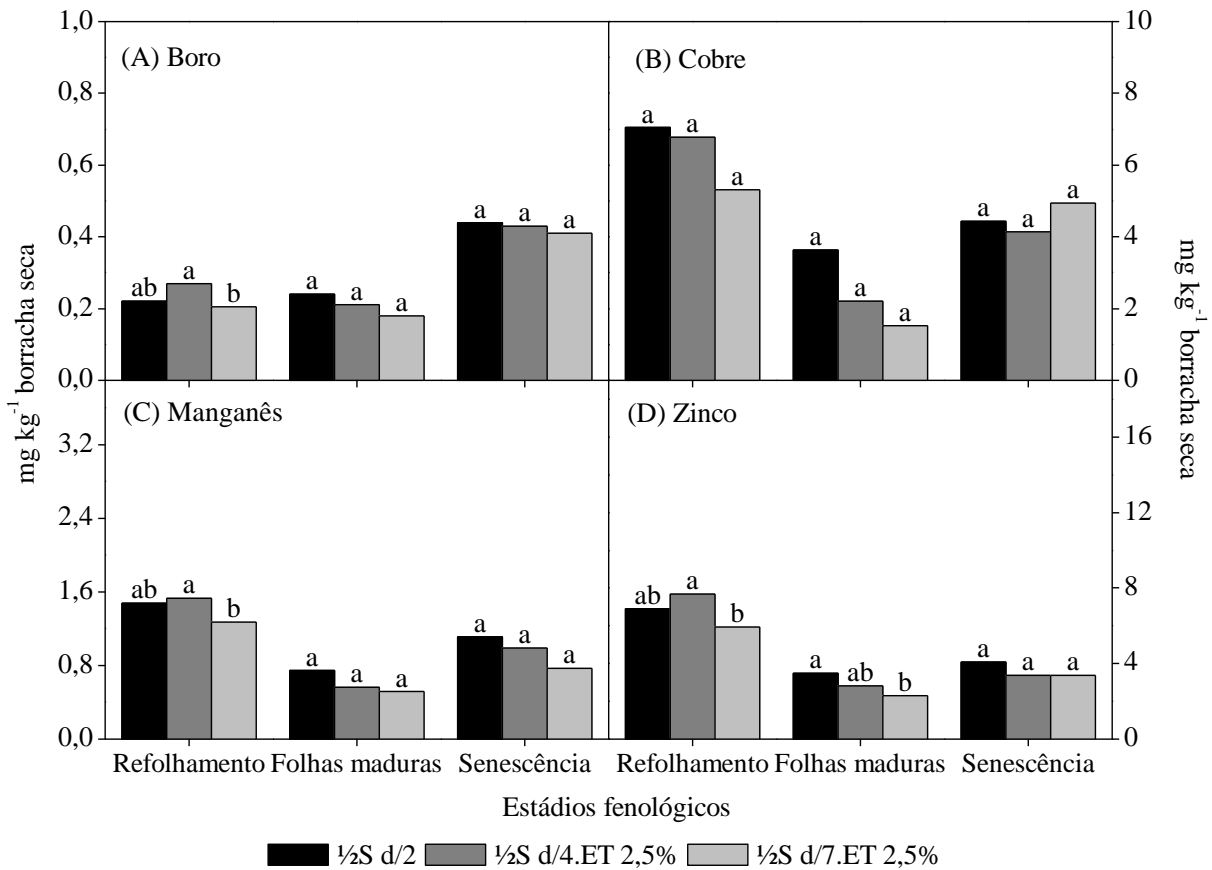


Figura 16 - Médias dos teores de micronutrientes da borracha natural do clone RRIM 600 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Piracicaba SP. Médias seguidas de mesma letra para cada estágio não diferem entre si pelo teste de Tukey à 1% de significância

4.2 Experimento 2- Votuporanga

4.2.1 Produtividade anual, parâmetros climáticos e estádios fenológicos da seringueira

Na Figura 17, são apresentadas as curvas de produção mensal dos clones GT 1, IAN 873, PB 235 e RRIM 600, o balanço hídrico, a precipitação, as temperaturas médias mensais e a época de ocorrência dos estádios fenológicos estudados, em clima Aw.

Ao contrário do experimento 1, com relação à disponibilidade de água no solo, as condições de desenvolvimento vegetal foram desfavoráveis na grande maioria dos meses. Houve períodos críticos, com elevados déficits hídricos nos meses de agosto e setembro de 2010 (CIIAGRO, 2011). O déficit hídrico anual ficou acima do limite máximo favorável para a cultura (-150mm) segundo Camargo (1959), alcançando valores de -365 mm no ano agrícola 2009-2010.

As médias de temperatura só ficaram abaixo do limite mínimo para o metabolismo de produção de borracha nos meses de maio e junho de 2010, de acordo com Ortolani et al. (2000) e apenas nos meses de maio a agosto, a temperatura não foi limitante para o fluxo de látex, de acordo com Jiang (1988).

Durante ciclo de produção 2009-2010, a produção foi crescente até maio de 2010, onde ocorreram as maiores produções para todos os clones. A partir deste mês, a produção praticamente seguiu uma curva decrescente para a maioria dos clones, com pequena tendência de aumento apenas em dezembro de 2010. As maiores produtividades foram alcançadas em um período desfavorável quanto ao balanço hídrico e ao desenvolvimento vegetal e, isto provavelmente é possível devido à eficiência da seringueira de absorver água em camadas mais profundas do solo. Além disso, nessas condições a sangria pode ter interceptado o fluxo de nutrientes e fotoassimilados que seriam utilizados como reservas para a planta. Outra possível explicação, é que apesar do balanço hídrico ter sido desfavorável neste período, as temperaturas médias foram mais favoráveis para o fluxo de látex e proporcionaram uma menor demanda hídrica pela seringueira, havendo um melhor equilíbrio hídrico e térmico. Porém, a elevada produção neste período pode ter sido a causa das baixas produtividades observadas no ciclo seguinte, visto que pode ter havido uma “super-exploração” da seringueira. Isto pode ter excedido a capacidade fisiológica da planta para os processos de acúmulo de reserva para o desenvolvimento e produção do látex, principalmente nas plantas sob o sistema de alta frequência de sangria. Além disso, no ano agrícola 2010-2011 houve a ocorrência dos estádios de florescimento e frutificação com grande intensidade, resultando em

na maior competição entre a produção de látex e a partição de fotoassimilados para outros órgãos da planta.

Quanto aos estádios fenológicos observados, no ano agrícola 2009-2010 o refohamento ocorreu em setembro, o estágio de folhas maduras em maio e a senescência em julho. No ano agrícola de 2010-2011, o refohamento da seringueira ocorreu em agosto. No primeiro ano do estudo, o refohamento se iniciou juntamente com a ocorrência de precipitações elevadas, aumento da temperatura média para valores acima de 20° C e quando as condições para o desenvolvimento vegetal foram satisfatórias (CIIAGRO, 2011). Em 2010, o refohamento ocorreu mesmo com a ausência de precipitações e com condições de balanço hídrico desfavoráveis e, até mesmo críticos. Isto reforça a idéia de grande utilização das reservas para o processo de refohamento, com considerável queda da produção nos meses subsequentes. Esse resultado pode ser um indicativo que, embora a precipitação e a temperatura exerçam influência sobre o refohamento, após a queda de folhas a seringueira passa por um processo de organogênese muito ativa, durante a fase conhecida como hibernação (MORAES, 1983), desencadeando posteriormente, o refohamento. Portanto, a hibernação da seringueira, ao contrário de muitas espécies de clima temperado, parece não ser um mecanismo de tolerância às condições ambientais desfavoráveis ao desenvolvimento vegetal, mas sim um processo muito dependente de energia para a produção de novos órgãos e, que pode acontecer por meio das reservas acumuladas anteriormente.

No estágio de folhas maduras, a produção dos clones foi máxima. Isto se deve ao fato, da planta não possuir outros drenos para competir com a produção de látex, pois queda de sementes (frutos) ocorreu anteriormente, principalmente no mês de fevereiro. As maiores produções, também podem ser explicadas devido ao melhor equilíbrio térmico e hídrico, favorecendo o fluxo de látex conforme explicado anteriormente.

O estágio de senescência ocorreu com o decréscimo acentuado de precipitações, havendo uma uniformidade de senescência e queda de folhas, o que confirma esta observação feita por Gasparotto et al. (1997).

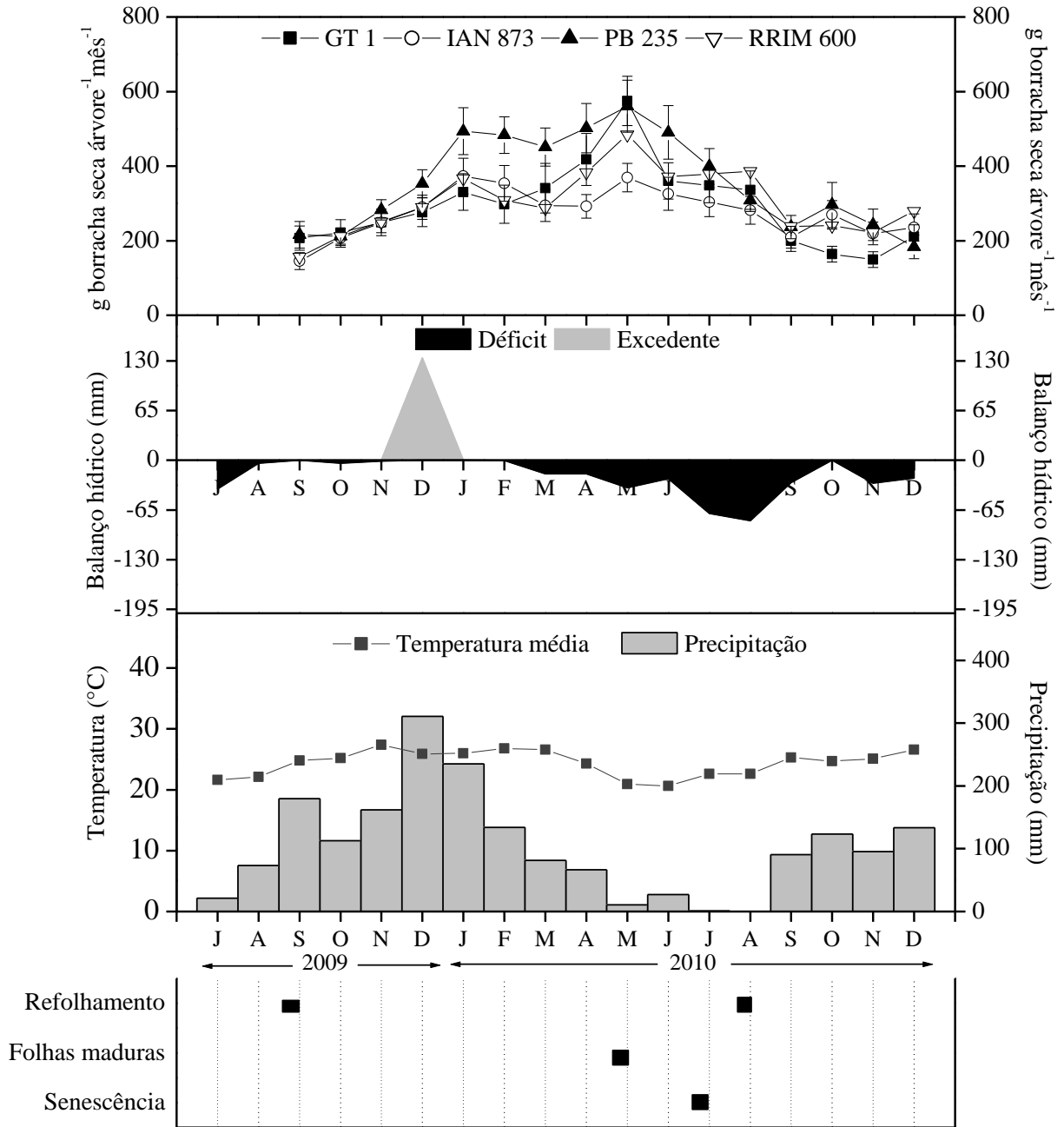


Figura 17 – Produção de clones de seringueira (GT 1, IAN 873, PB 235, RRIM 600), balanço hídrico, parâmetros climáticos (temperatura média e precipitação) e estádios fenológicos (refolhamento, folhas maduras e senescência) observados, no município de Votuporanga SP

4.2.2 Análise de variância dos dados de produção, cinzas e macro e micronutrientes da borracha natural

Para este experimento, também foi analisado e testado previamente os pressupostos para a análise de variância (ANAVA) dos dados. Desta forma, após a transformação de alguns dados, verificou-se que o modelo matemático para a ANAVA foi válido para todas as variáveis, com exceção dos dados de Fe. Com relação a este nutriente, assim como no experimento 1 observou-se uma ampla faixa de variação inclusive dentro de um mesmo tratamento, obtendo-se valores de 0,84 a 58,77 mg kg⁻¹. Deste modo, apesar da grande importância deste nutriente na nutrição da seringueira, também se optou por não incluir o Fe nas discussões para evitar erros de interpretação.

Na Tabela 8, estão presentes os resultados da análise de variância dos dados obtidos durante o estágio de refolhamento da seringueira. Os resultados mostraram variações significativas ($p < 0,01$) para clones com relação às médias dos macronutrientes Ca, Mg e S e para os micronutrientes, com exceção do Zn. Para a interação clones x sistemas de sangria apenas as médias de Ca, Mg e Cu mostraram variações significativas. Quanto à produção, neste estágio os clones não mostram diferente capacidade produtiva entre si, tampouco quando foram submetidos aos diferentes sistemas de sangria, provavelmente devido a grande restrição quanto à partição de fotoassimilados. A média geral de produção dos clones foi de 22,39 g de borracha seca árvore⁻¹ sangria⁻¹ (ANEXO B). A fertilidade do solo também pode ter sido uma limitante neste experimento, visto que os teores de cinzas na borracha foram em média aproximadamente 27% menores em comparação ao experimento 1.

No estágio de folhas maduras, as médias de Mg, S, B e micronutrientes apresentaram variações significativas ($p < 0,01$) para clones. Na interação clones x sistemas de sangria, apenas as médias de S, Cu e Zn foram significativas (Tabela 9). Neste estágio, as médias de produção só apresentaram variações, considerando o efeito isolado dos sistemas de sangria, sendo os sistemas ½S d/4 ET 2,5%, e ½S d/7 ET 2,5% superiores para os clones. Ressalta-se os baixos teores médios de cinza na borracha, com média de 0,06% e, também baixa concentração de Ca na borracha. No trabalho realizado Haag et al. (1987), esses autores também relatam a baixa concentração deste nutriente na borracha seca de um seringal, localizado no município de Nhandeara.

No estágio de senescência foliar, apenas as médias de Cinzas, N, Mg e Cu apresentaram diferença significativa para clones. Para a interação clone x sistema de sangria observou-se mais significativas para as variáveis, sendo que as médias de P, Ca, S, B e Mn

não apresentaram diferenças significativas (Tabela 10). Considerando apenas o efeito do sistema de sangria, observa-se que apenas as médias de P, B e Mn não foram significativas. Assim como no experimento 1, a produção foi mais influenciada pela prática de sangria do que pelo material genético, obtendo-se maior produção quando as árvores foram submetidas ao sistema $\frac{1}{2}S$ d/4 ET 2,5%. Uma possível explicação é que a área de drenagem do látex, no painel de sangria pode ter recebido um maior aporte de nutrientes translocados das folhas em senescência, bem como fotoassimilados de reservas por meio do fluxo descendente. Isto proporciona uma maior produção e maior variabilidade nas características químicas da borracha, dependendo do sistema de sangria que foi adotado.

A seguir serão apresentadas e discutidas as médias resultantes do desdobramento da interação dos sistemas de sangria para cada clone.

Tabela 8 - Quadrados médios da análise de variância e média geral da produção (gramas de borracha seca árvore⁻¹ sangria⁻¹), cinzas e teores de macro e micronutrientes da borracha seca, no estádio de refolamento de quatro clones de seringueira sob três sistemas de sangria, no município de Votuporanga SP.

Fontes de Variação	G.L.	Produção	Cinzas	N	P	K	Ca	Mg (2)	S	B	Cu (1)	Mn	Zn
		g	%	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹			
Blocos	2	7,24 ^{ns}	0,0017 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,0006 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,34 ^{ns}	3,89 ^{ns}
Clones (A)	3	263,69 ^{ns}	0,0068 ^{ns}	0,02 ^{ns}	1,30 ^{ns}	2,72 ^{ns}	0,0042 ^{**}	0,94 ^{**}	0,0200 ^{**}	0,65 ^{**}	0,210 ^{**}	1,17 ^{**}	1,27 ^{ns}
Resíduo (a)	6	88,61	0,0013	0,04	0,55	1,56	0,0002	0,01	0,0014	0,02	0,010	0,05	0,33
Sistemas de sangria (B)	2	89,77 ^{ns}	0,0032 ^{**}	0,28 ^{ns}	0,02 ^{**}	0,58 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,010 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,22 ^{ns}
A x B	6	49,40 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,0010 ^{**}	0,04 ^{**}	0,0023 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,030 ^{**}	0,16 ^{ns}	0,48 ^{ns}
Resíduo (b)	52	83,31	0,0005	0,11	0,14	0,77	0,0002	0,01	0,0014	0,03	0,010	0,14	1,15
Total	71												
Média geral		22,39	0,11	1,33	1,29	3,52	0,05	0,92	0,12	0,49	2,11	1,17	4,09
CV % (A)		40,04	32,67	13,88	57,39	35,55	28,46	10,62	29,18	31,35	9,89	19,29	13,97
CV % (B)		40,77	20,72	25,14	29,54	25,04	26,93	11,76	29,95	36,06	2,11	32,36	26,10

¹ e ² os dados foram transformados em $\frac{1}{\sqrt{x}}$ e \sqrt{x} , respectivamente. As médias apresentadas se referem aos dados originais.

^{ns} e ^{**} não significativo e significativo a 1%, respectivamente pelo teste F.

Tabela 9 - Quadrados médios da análise de variância e média geral da produção (gramas de borracha seca árvore⁻¹ sangria⁻¹), cinzas e teores de macro e micronutrientes da borracha seca, no estádio de folhas totalmente maduras de quatro clones de seringueira sob três sistemas de sangria, no município de Votuporanga SP.

Fontes de Variação	G.L.	Produção	Cinzas	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Mn	Zn
		g	%	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹			
Blocos	2	178,68 ^{ns}	0,0024 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,42 ^{ns}	1,44 ^{ns}	3,9x10 ^{-7ns}	1,71 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,030 ^{ns}	0,002 ^{ns}
Clones (A)	3	2538,55 ^{ns}	0,0036 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,21 ^{ns}	1,08 ^{ns}	6,0x10 ^{-6ns}	174,20 ^{**}	0,010 ^{**}	0,090 ^{**}	0,19 ^{**}	1,120 ^{**}	0,020 ^{**}
Resíduo (a)	6	575,53	0,0007	0,34	0,08	0,37	3,0x10 ⁻⁰⁶	2,03	0,001	0,010	0,01	0,050	0,001
Sistemas de sangria (B)	2	2107,49 ^{**}	0,0018 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,09 ^{ns}	1,65 ^{ns}	1,4x10 ^{-7ns}	3,25 ^{ns}	0,020 ^{**}	0,010 ^{ns}	0,38 ^{**}	0,030 ^{ns}	0,010 ^{**}
A x B	6	151,51 ^{ns}	0,0006 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,31 ^{ns}	2,4x10 ^{-7ns}	1,45 ^{ns}	0,010 ^{**}	0,004 ^{ns}	0,04 ^{**}	0,002 ^{ns}	0,003 ^{**}
Resíduo (b)	52	308,35	0,0006	0,12	0,07	0,48	2,3x10 ⁻⁷	1,50	0,001	0,004	0,01	0,050	0,001
Total	71												
Média geral		43,79	0,07	1,40	0,90	1,82	0,03	6,55	0,12	0,20	1,16	0,90	2,08
CV % (A)		54,79	39,97	41,77	31,17	33,21	6,31	21,75	8,31	38,21	8,37	25,21	3,82
CV % (B)		40,10	34,97	24,41	28,50	38,22	1,69	18,67	6,62	30,61	7,85	25,02	3,40

¹ e ² os dados foram transformados em $\frac{1}{\sqrt{x}}$ e \sqrt{x} , respectivamente. As médias apresentadas se referem aos dados originais.

^{ns} e ^{**} não significativo e significativo a 1%, respectivamente pelo teste F.

Tabela 10 - Quadrados médios da análise de variância e média geral da produção (gramas de borracha seca árvore⁻¹ sangria⁻¹), cinzas e teores de macro e micronutrientes da borracha seca, no estádio de senescência de folhas de quatro clones de seringueira sob três sistemas de sangria, no município de Votuporanga SP.

Fontes de Variação	G.L.	Produção	Cinzas	N	P	K	Ca	Mg (1)	S	B	Cu	Mn	Zn
		g	%	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹			
Blocos	2	58,48 ^{ns}	0,0010 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	0,020 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,12 ^{ns}
Clones (A)	3	387,03 ^{ns}	0,0149**	1,52**	0,30 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,290**	0,0007 ^{ns}	0,005 ^{ns}	2,45**	0,34 ^{ns}	0,55 ^{ns}
Resíduo (a)	6	133,03	0,0002	0,01	0,25	0,21	0,0001	0,001	0,0015	0,020	0,10	0,21	0,08
Sistemas de sangria (B)	2	1766,73**	0,0035**	0,19**	0,09 ^{ns}	1,88**	0,0007**	0,100**	0,0017**	0,002 ^{ns}	1,55**	0,18 ^{ns}	0,71**
A x B	6	958,78**	0,0011**	0,31**	0,05 ^{ns}	0,46**	0,0002 ^{ns}	0,310**	0,0005 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,55**	0,09 ^{ns}	0,16**
Resíduo (b)	52	137,36	0,0003	0,02	0,06	0,08	0,0001	0,002	0,0003	0,002	0,03	0,05	0,04
Total	71												
Média geral		40,38	0,13	1,85	1,29	3,25	0,05	0,97	0,09	0,27	1,54	0,94	2,39
CV % (A)		28,56	10,46	5,21	38,42	14,20	22,42	3,96	41,08	45,82	20,12	49,07	12,06
CV % (B)		29,02	12,45	6,75	18,93	8,48	18,26	4,25	18,26	16,85	10,46	22,95	8,49

¹ os dados foram transformados em \sqrt{x} . A média apresentada se refere aos dados originais.

^{ns} e ** não significativo e significativo a 1%, respectivamente pelo teste F.

4.2.3 Produção e caracterização química da borracha natural do clone GT 1 em função dos sistemas de sangria e estádios fenológicos

Durante os estádios fenológicos avaliados, o clone GT 1 não apresentou diferença significativa na produção quando submetido aos diferentes sistemas de sangria (Figura 18 A). Na média geral, a produção deste clone foi de 35,15 g de borracha seca árvore⁻¹ sangria⁻¹.

Considerando a média geral, a produção foi aproximadamente 25% menor quando comparada com a média absoluta obtida no experimento 1. Ainda em termos absolutos, a maior produção deste clone foi obtida no estágio de senescência (ANEXO B).

No estágio de senescência, foram obtidas menores médias de cinzas sob o sistema ½S d/7 ET 2,5% (Figura 18 B). Analisando os resultados de CNZ% e os dados de produção se confirmam os resultados observados no experimento 1 e reforça a idéia de que este seria o sistema de sangria mais eficiente para clone GT 1. Sob esse sistema de sangria, houve menor extração de minerais e a produção manteve-se comparável com os demais sistemas de sangria. Neste estágio, também pode se observar a maior média absoluta de CNZ% quando comparada com os demais estádios fenológicos, resultante da translocação de minerais móveis das folhas em senescência. Isto provavelmente favorece o metabolismo de produção de borracha, o que pode ser comprovado pela maior produção obtida neste estágio.

O fato de este clone produzir bem sem a estimulação (RRIM, 1989) e da produção se mostrar elevada quando os nutrientes estão mais disponíveis para a produção látex, sugerem que o metabolismo deste clone é muito ativo, assim como o clone PB 235.

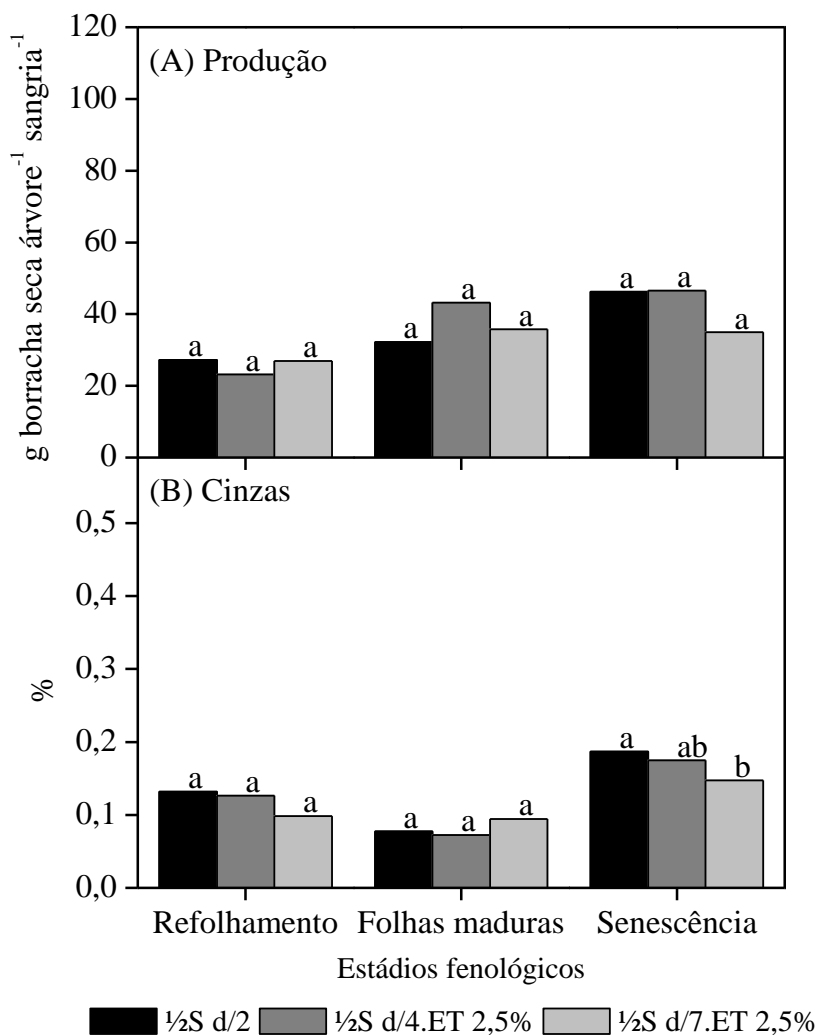


Figura 18 - Médias de produção e cinzas da borracha natural do clone GT 1 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Votuporanga SP. Médias seguidas de mesma letra para cada estágio não diferem entre si pelo teste de Tukey à 1% de significância

Para os macronutrientes, apenas a médias de Mg, no estágio de senescência e S no estágio de folhas maduras sofreram variações significativas quando as plantas foram submetidas aos sistema de sangria (Figura 19 E e F). Esses nutrientes foram mais extraídos sob o sistema ½S d/7 ET 2,5%.

Chama atenção as maiores concentrações de Ca e Mg, principalmente no refolhamento para o primeiro nutriente e no estágio de folhas maduras para o segundo, quando comparado com o experimento 1.

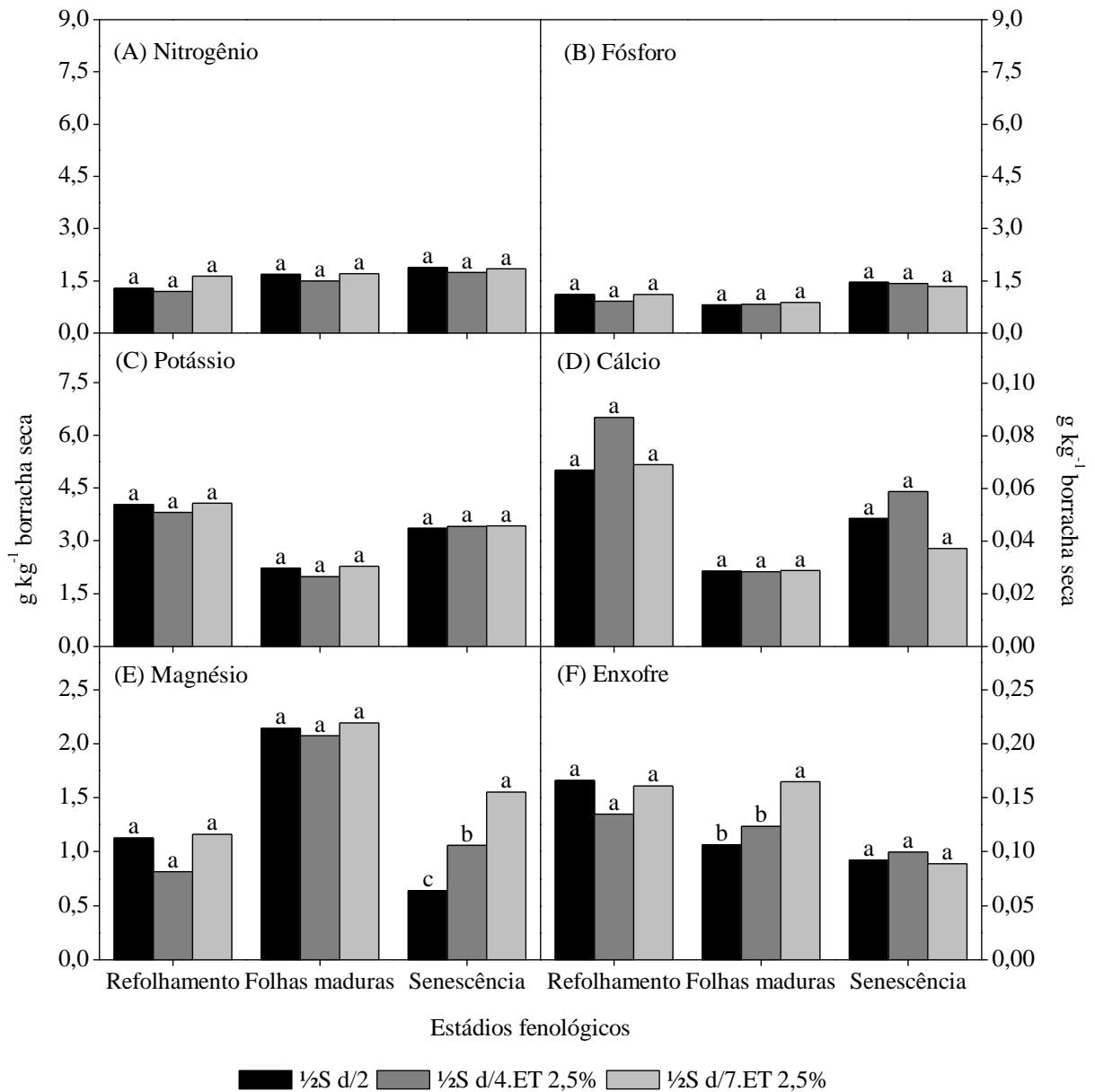


Figura 19 - Médias dos teores de macronutrientes da borracha natural do clone GT 1 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Votuporanga SP. Médias seguidas de mesma letra para cada estágio não diferem entre si pelo teste de Tukey à 1% de significância

Para os micronutrientes, houve diferença entre as médias de concentrações para o Cu em todos os estádios e para Zn no estágio de folhas maduras, sob os diferentes sistemas de sangria (Figura 20 B e D). Para esses nutrientes o sistema $\frac{1}{2}$ S d/7 ET 2,5% e/ou o $\frac{1}{2}$ S d/4 ET 2,5% extraíram as menores quantidades.

Considerando a extração do nutrientes a ordem de grandeza foi a seguinte: K, Mg, N, P, S, Ca, Zn, Mn, Cu e B.

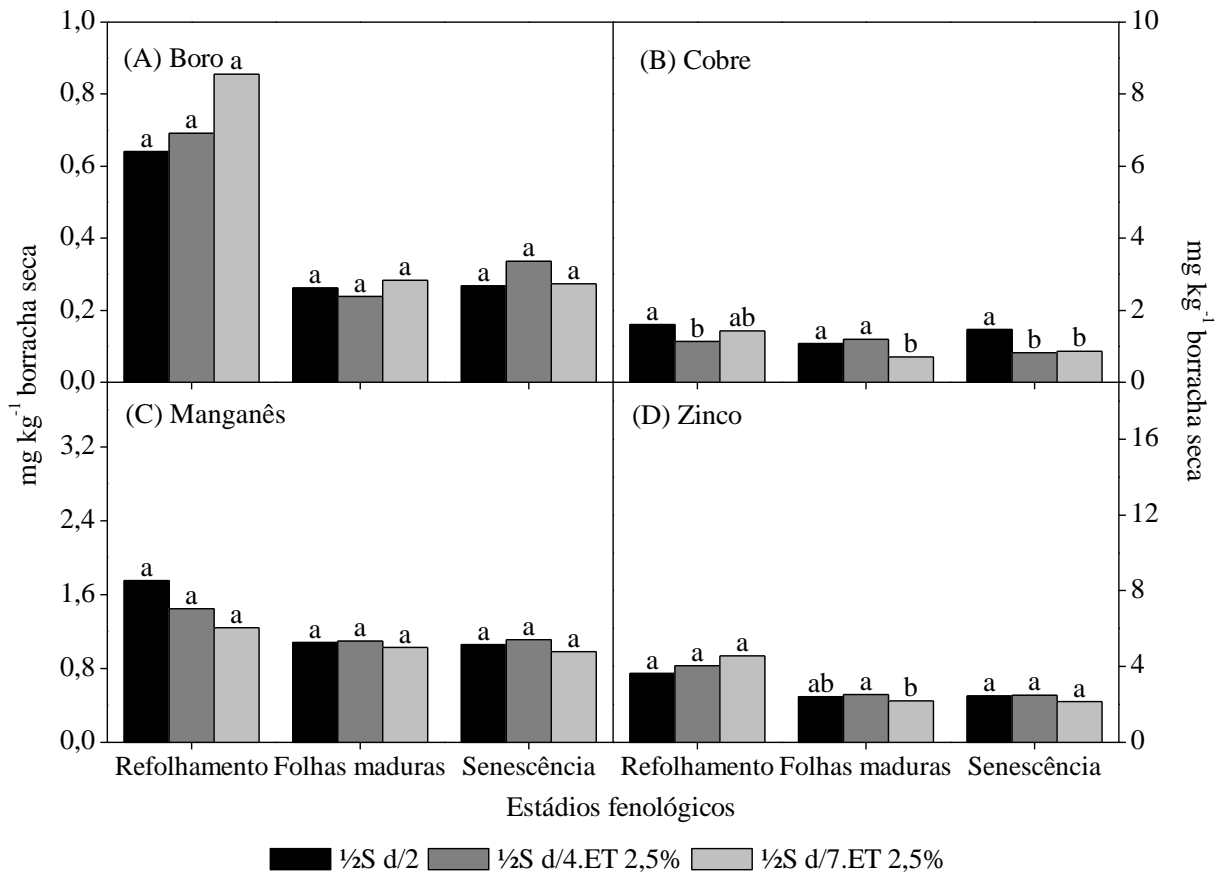


Figura 20 - Médias dos teores de micronutrientes da borracha natural do clone GT 1 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Votuporanga SP. Médias seguidas de mesma letra para cada estágio não diferem entre si pelo teste de Tukey à 1% de significância

4.2.4 Produção e caracterização química da borracha natural do clone IAN 873 em função dos sistemas de sangria e estádios fenológicos

Para o clone IAN 873, os sistemas sangria não proporcionaram variações na produção de borracha, para cada estágio fenológico analisado (Figura 21 A). Segundo diversos autores este clone não tolera déficits hídricos prolongados, havendo queda drástica da produção sob essas condições (SARASWATHYAMMA et al., 2000; GONÇALVES et al., 2001). Segundo Gonçalves et al. (2001) pode haver queda de produção de 20 a 30% para este clone num veranico de quarenta dias. Conforme já discutido anteriormente, durante o período de avaliação do experimento as condições hídricas do solo foram na maioria dos meses desfavoráveis e até mesmo críticas. Este fato, explica a menor produtividade anual alcançada por este clone comparado com os demais clones, apresentando uma média de 30,02 g borracha seca árvore⁻¹ sangria⁻¹, no ciclo anual de produção. Comparando a média obtida no presente experimento com a média obtida no experimento 1, no qual as condições ambientais foram mais favoráveis, houve uma queda de produção superior à 70% para este clone.

Quanto a CNZ%, também não houve diferença significativa para os sistemas de sangria (Figura 21 B). Também chamam atenção os menores teores de cinzas encontrados na borracha comparados com os outros clones. Isto pode ser um indicativo de baixa atividade biossintética dos laticíferos, limitando a produção.

Os resultados encontrados para este clone no experimento 2, confirmam os resultados obtidos no experimento 1, reforçando a idéia de que durante os estádios e/ou condições ambientais mais restritivos, comparativamente este clone diminui muito sua produção.

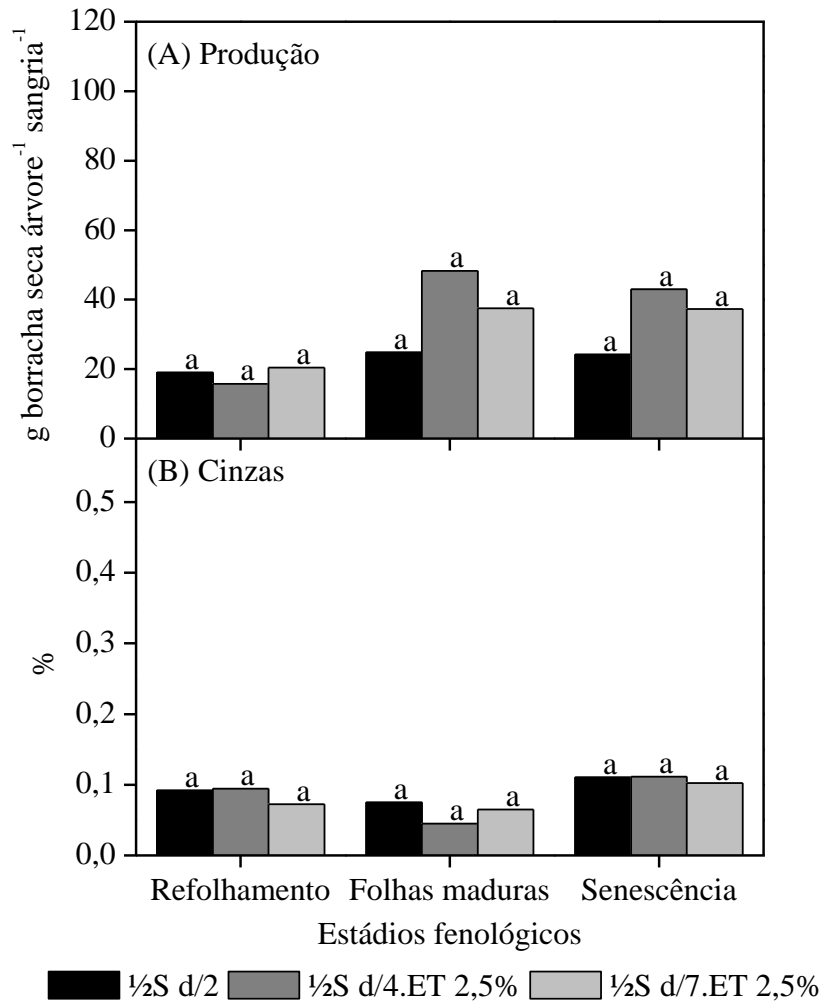


Figura 21 - Médias de produção e cinzas da borracha natural do clone IAN 873 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Votuporanga SP. Médias seguidas de mesma letra para cada estágio não diferem entre si pelo teste de Tukey à 1% de significância

No estágio de senescência, as médias dos macronutrientes N, K, e Mg contidos na borracha foram sempre menores sob o sistema ½S d/7 ET 2,5% (Figura 22 A, C e E). Já para o S este sistema proporcionou a maior média, durante o estágio de folhas maduras. Para os outros nutrientes, não houve diferença significativa quando as árvores foram submetidas aos sistemas de sangria, nos diferentes estádios. Destaca-se a elevada extração de Mg no estágio de folhas maduras.

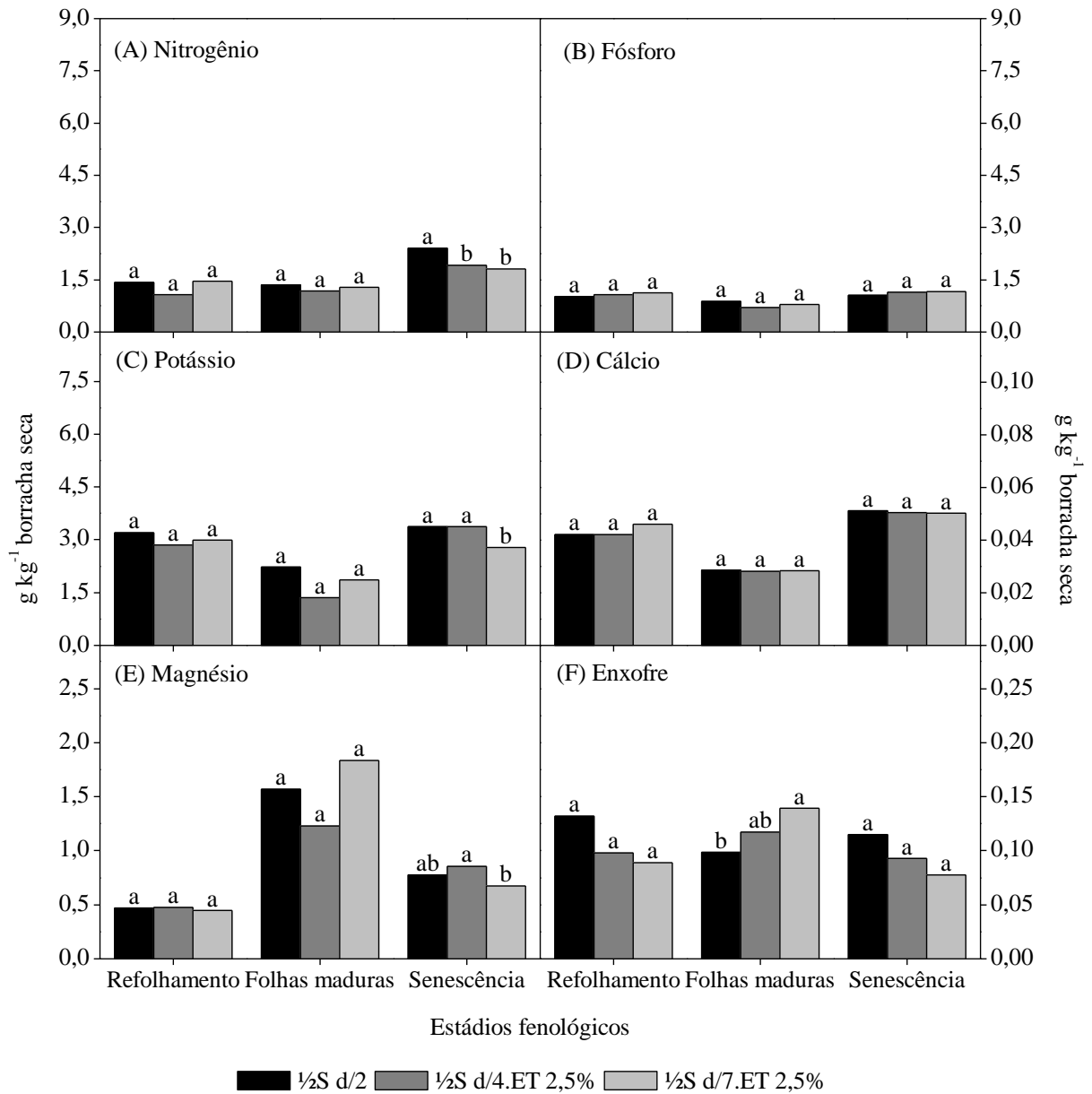


Figura 22 - Médias dos teores de macronutrientes da borracha natural do clone IAN 873 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Votuporanga SP. Médias seguidas de mesma letra para cada estágio não diferem entre si pelo teste de Tukey à 1% de significância

Quanto aos micronutrientes, apenas as médias de Cu e Zn durante os estádios de folhas maduras e senescência apresentaram diferenças significativas quando as árvores foram submetidas aos diferentes sistemas de sangria (Figura 23 B e D). Para o Cu o sistema $\frac{1}{2}S$ d/7 ET 2,5% no estágio de folhas maduras e o $\frac{1}{2}S$ d/4 ET 2,5% no estágio de senescência proporcionaram menor extração deste nutriente.

A ordem extração dos nutrientes em valores absolutos foi a seguinte: K, Mg, N, P, S, Ca, S, Zn, Cu, Mn e B.

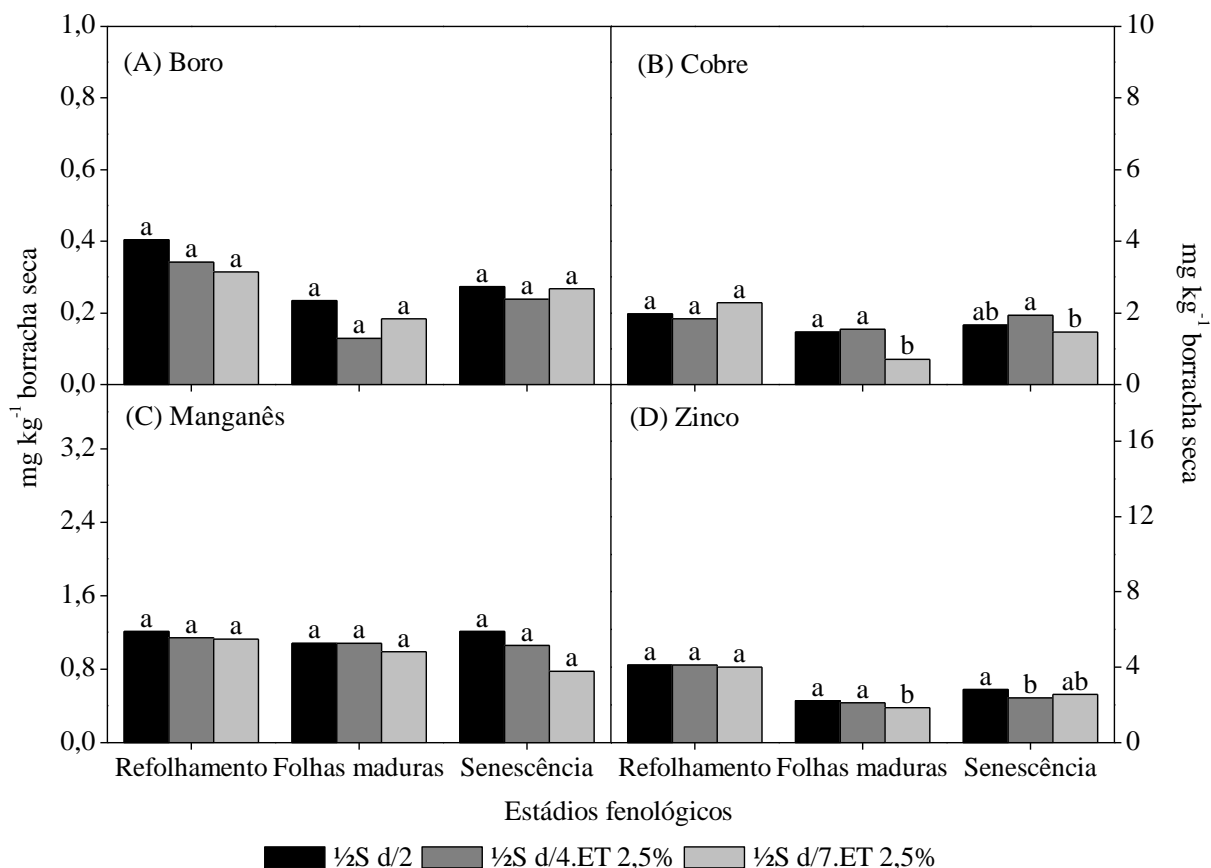


Figura 23 - Médias dos teores de micronutrientes da borracha natural do clone IAN 873 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Votuporanga SP. Médias seguidas de mesma letra para cada estágio não diferem entre si pelo teste de Tukey à 1% de significância

4.2.5 Produção e caracterização química da borracha natural do clone PB 235 em função dos sistemas de sangria e estádios fenológicos

As médias de produção do clone PB 235 só apresentaram variações significativas no estádio de senescência quando este clone foi submetido aos sistemas de sangria. Neste estádio, a maior média de produção foi obtida no sistema $\frac{1}{2}S$ d/4 ET 2,5% e em valores absolutos são comparáveis com as médias obtidas no estádio de folhas maduras (Figura 24 A).

Conforme mencionado anteriormente, o metabolismo deste clone é considerado muito ativo, provavelmente levando a necessidade de maiores quantidades de nutrientes para a atividade biossintética dos laticíferos. Segundo Nair et al. (2004) o metabolismo mais eficiente deste clone favorece o mecanismo de regeneração do látex. Desta forma, a maior produção obtida sob o sistema $\frac{1}{2}S$ d/4 ET 2,5%, no estádio de senescência, pode ser atribuída a uma extração mais adequada de nutrientes favorecendo a produção, confirmando o resultado obtido no experimento 1. Além disso, segundo o IRCA (1987) são necessários quatro dias para que os vasos laticíferos se reconstituam corretamente, portanto esta frequência de sangria favorece a síntese do látex.

A maior disponibilidade de nutrientes sob sistema $\frac{1}{2}S$ d/4 ET 2,5%, na senescência, pode ser confirmada quando se observa a superioridade de CNZ% obtida neste sistema de sangria comparado com os demais sistemas (Figura 24 B).

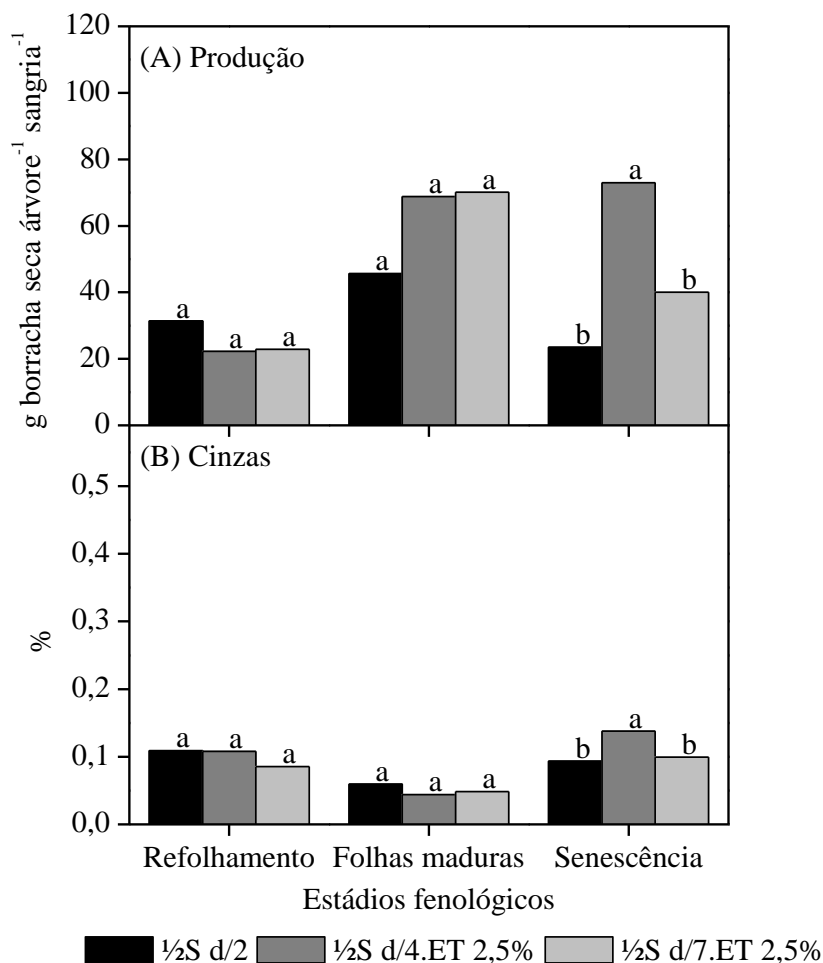


Figura 24 - Médias de produção e cinzas da borracha natural do clone PB 235 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Votuporanga SP. Médias seguidas de mesma letra para cada estágio não diferem entre si pelo teste de Tukey à 1% de significância

No estágio de senescência, para o N o sistema 1/2S d/7 ET 2,5 proporcionou a maior média (Figura 25 A), enquanto que as médias dos macronutrientes K e Mg contidos na borracha foram menores sob este sistema (Figura 25 C e E). Para o S a menor média deste nutriente foi obtida no sistema 1/2S d/4 ET 2,5%, durante o estágio de folhas maduras (Figura 25 F). Para os demais nutrientes, não houve diferença significativa quando as árvores foram submetidas aos sistemas de sangria, nos diferentes estádios.

Assim como no experimento 1, dentre os macronutrientes presentes na borracha em valores absolutos totais, destaca-se o K o que pode explicar, dentre outros possíveis fatores, o metabolismo muito ativo do clone PB 235. Conforme já mencionado e segundo Jacob et al. (1988) este é um elemento chave na nutrição da seringueira, devido suas funções metabólicas no processo de biossíntese do látex.

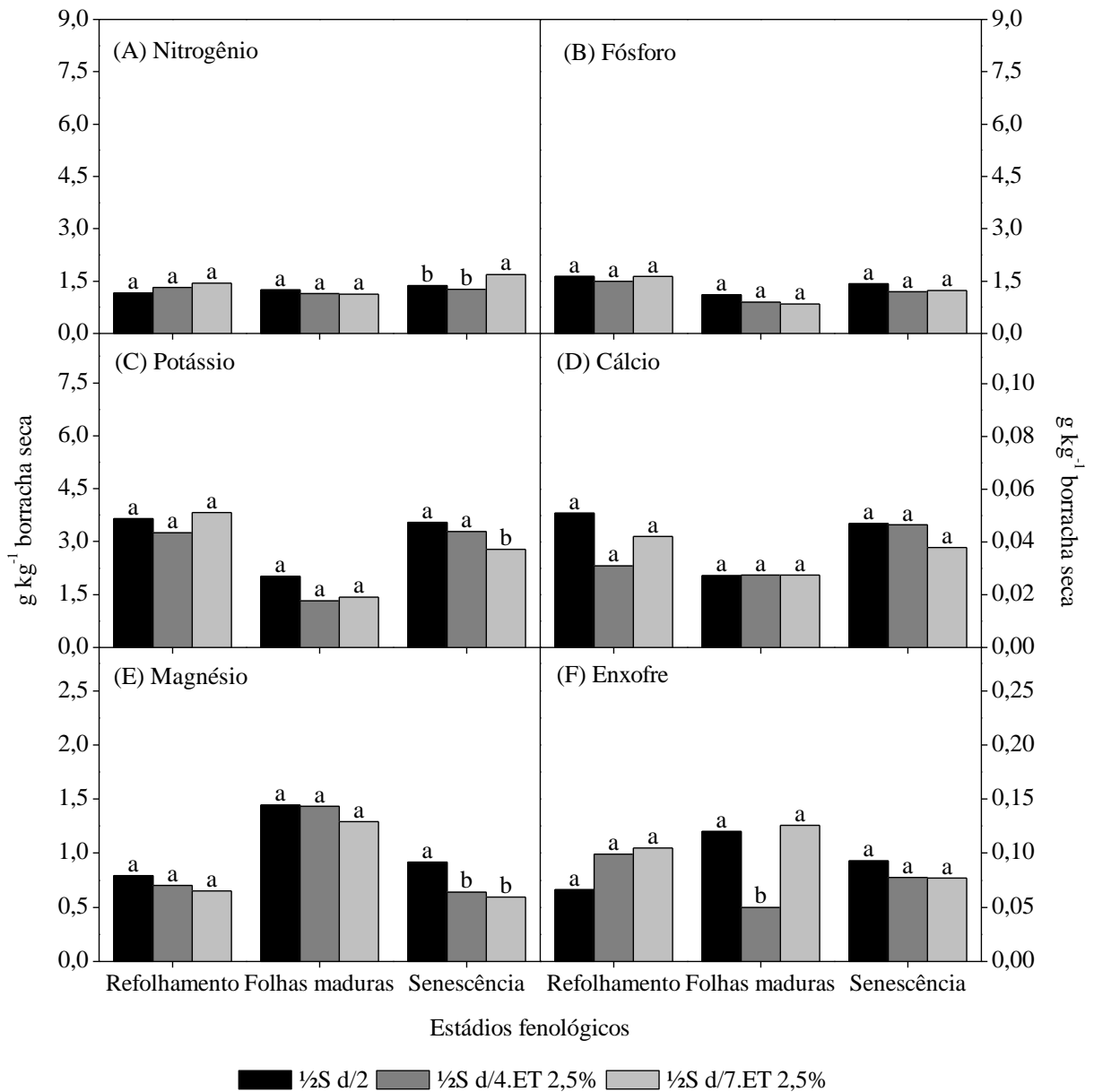


Figura 25 - Médias dos teores de macronutrientes da borracha natural do clone PB 235 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Votuporanga SP. Médias seguidas de mesma letra para cada estágio não diferem entre si pelo teste de Tukey à 1% de significância

Quanto aos micronutrientes na borracha, foram obtidas menores médias de Cu e Zn nos estádios de folhas maduras e senescência, quando as árvores foram submetidas aos sistemas de menores frequências de sangria ($\frac{1}{2}$ S d/4 ET 2,5% e/ou $\frac{1}{2}$ S d/7 ET 2,5%) (Figura 26 B e D).

A ordem de extração dos nutrientes foi a seguinte: K, Mg, N, P, S, Ca, Zn, Cu, Mn e

B.

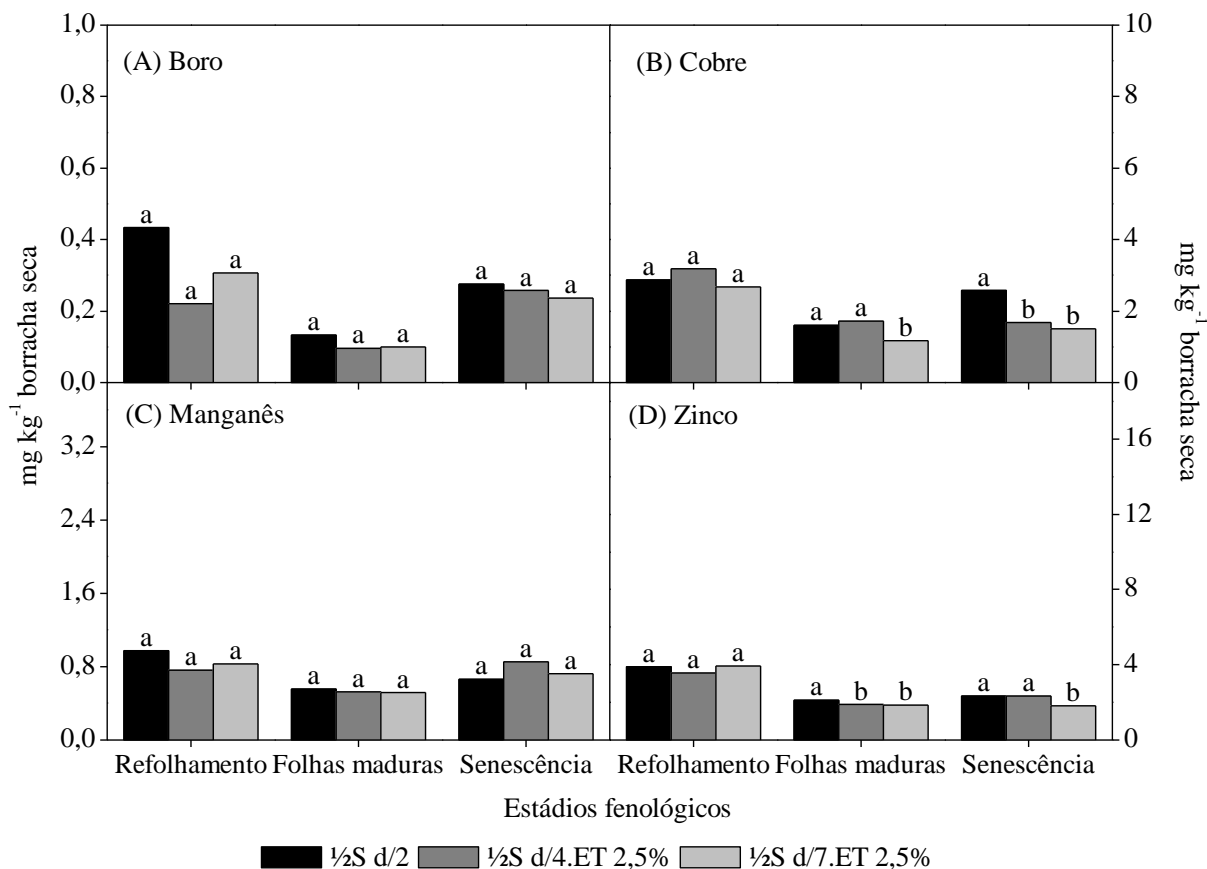


Figura 26 - Médias dos teores de micronutrientes da borracha natural do clone PB 235 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Votuporanga SP. Médias seguidas de mesma letra para cada estágio não diferem entre si pelo teste de Tukey à 1% de significância

4.2.6 Produção e caracterização química da borracha natural do clone RRIM 600 em função dos sistemas de sangria e estádios fenológicos

O clone RRIM 600 não apresentou variações significativas da produção quando submetido aos diferentes sistemas de sangria nos diferentes estádios fenológicos (Figura 27 A). Este clone, também não apresentou superioridade produtiva, sendo comparável com os demais clones. Apesar de ser um clone altamente produtivo, o mesmo não demonstrou seu potencial, provavelmente devido às condições ambientais desfavoráveis ou restritivas. Comparado com a produção obtida por este clone no experimento 1, houve uma queda de aproximadamente 50% na produção.

A produção obtida por este clone durante a senescência, na média geral e em valores absolutos foi comparável com a alcançada no estágio de folhas maduras (ANEXO B), confirmando a estabilidade de produção durante este estágio e corroborando as observações feitas Gonçalves et al. (2001).

A CNZ% também não apresentou variações significativas para este clone quando submetido aos diferentes sistemas de sangria para cada estágio fenológico. Comparado com o experimento 1, os teores médios de cinzas obtidos no presente experimento foram aproximadamente 40% menores. Este resultado confirma as condições ambientais desfavoráveis para a biossíntese do látex, nas condições do experimento.

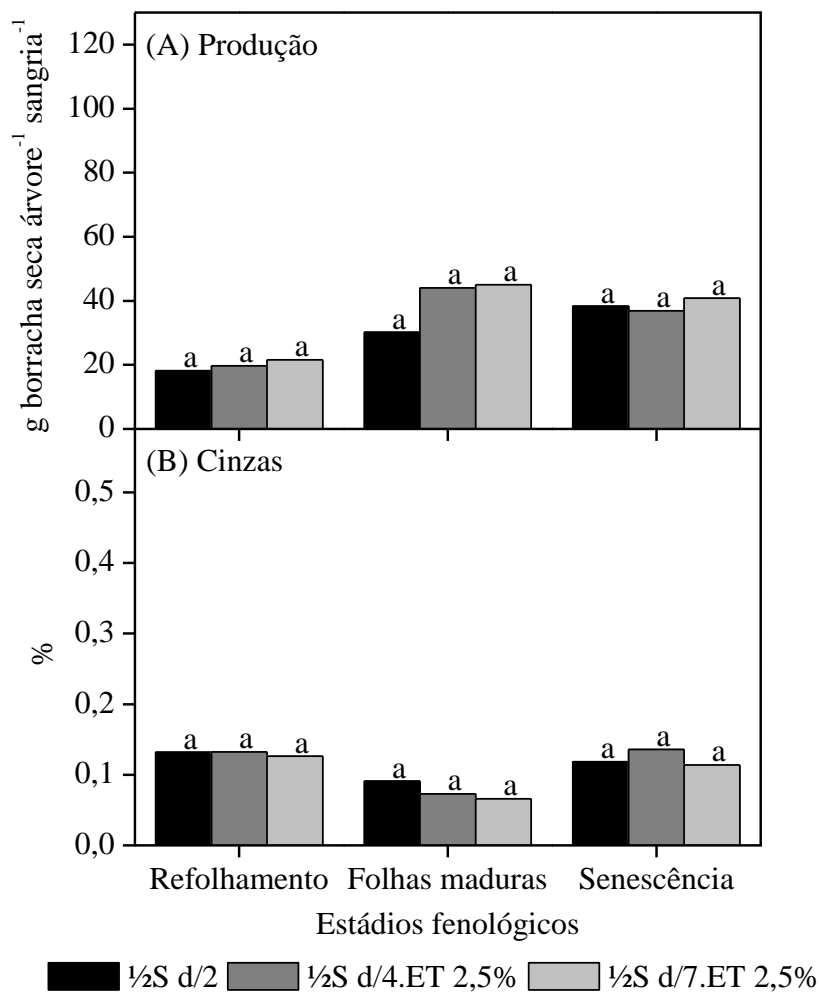


Figura 27 - Médias de produção e cinzas da borracha natural do clone RRIM 600 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Votuporanga SP. Médias seguidas de mesma letra para cada estágio não diferem entre si pelo teste de Tukey à 1% de significância

No estágio de senescência, para o N o sistema 1/2S d/7 ET 2,5 proporcionou a maior média (Figura 28 A), enquanto neste mesmo sistema as médias dos macronutrientes K e Mg contidos na borracha foram menores quando comparadas com os demais sistemas de sangria (Figura 25 C e E). No estágio de folhas maduras, a média de S foi maior no sistema de menor frequência de sangria (Figura 28 F).

Em valores absolutos, chama atenção os altos teores de Mg presentes na borracha coletada em todos os estágio fenológicos, sendo este o nutriente mais extraído na borracha do clone RRIM 600.

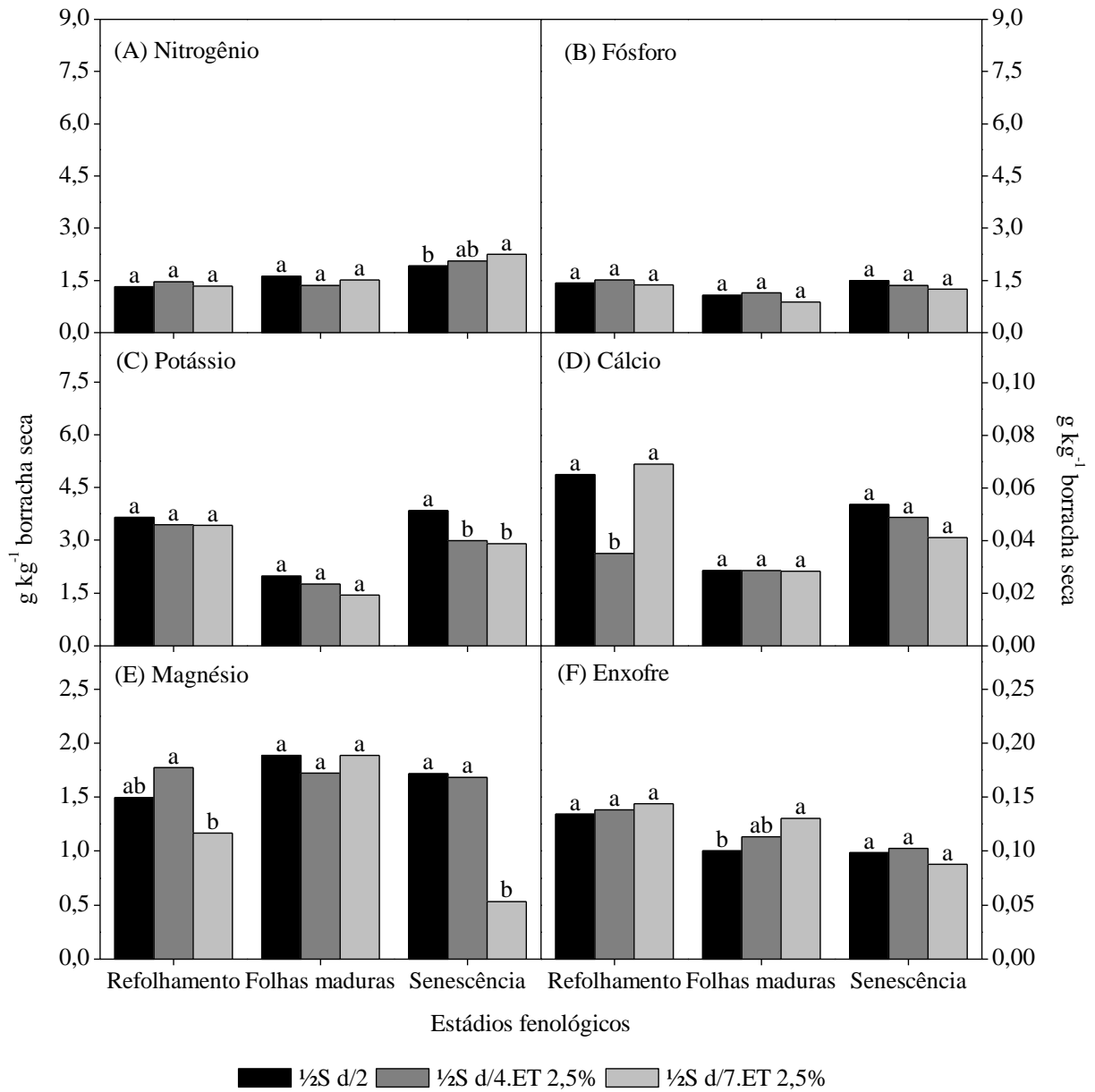


Figura 28 - Médias dos teores de macronutrientes da borracha natural do clone RRIM 600 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Votuporanga SP. Médias seguidas de mesma letra para cada estágio não diferem entre si pelo teste de Tukey à 1% de significância

Quanto aos micronutrientes, o Cu foi mais extraído sob o sistema $\frac{1}{2}$ S d/4 ET 2,5% no estágio de refolamento e folhas maduras (Figura 29 B). O Zn também foi mais extraído por este sistema de sangria apenas no estágio de folhas maduras (Figura 29 D).

A ordem de extração de nutrientes na borracha coletada deste clone foi a seguinte: Mg, K, N, P, S, Ca, Zn, Cu, Mn e B.

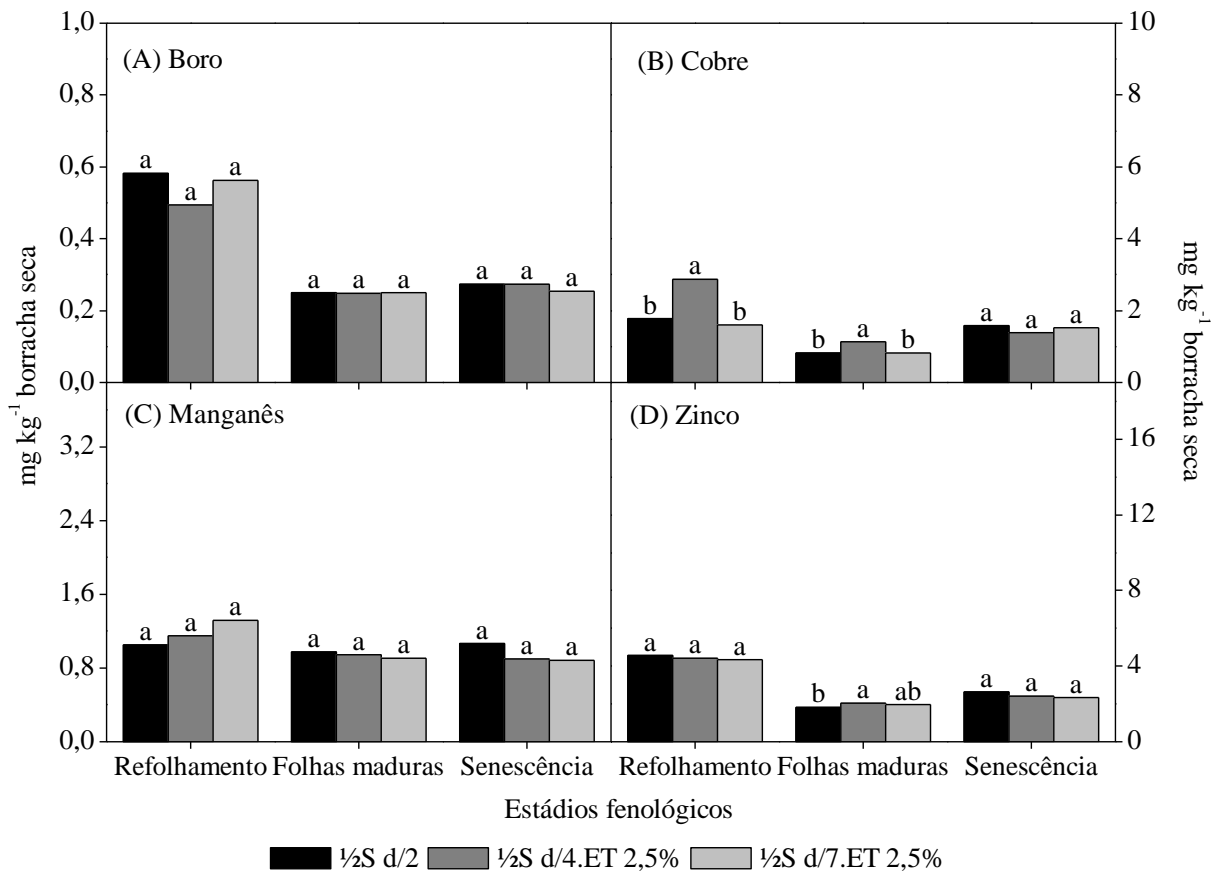


Figura 29 - Médias dos teores de micronutrientes da borracha natural do clone RRIM 600 coletada em diferentes estádios fenológicos da seringueira em função de diferentes sistemas de sangria, no município de Votuporanga SP. Médias seguidas de mesma letra para cada estágio não diferem entre si pelo teste de Tukey à 1% de significância

4.3 Exportação de nutrientes pela borracha natural de clones de seringueira submetidos a diferentes sistemas de sangria

A exportação de nutrientes em 1.000 kg de borracha seca produzida no município de Piracicaba está presente na Tabela 11. Considerando os teores médios na borracha, o macronutriente mais exportado é o K seguido do N e P e dos demais nutrientes (Mg, S e Ca). Entre os micronutrientes, o elemento mais exportado é o Zn seguido do Cu, Mn e B. Apenas a ordem de exportação dos dois primeiros macronutrientes discorda do resultado encontrado por Murbach (1997), onde naquele trabalho o nutriente mais exportado foi o N, seguido do K, também no município de Piracicaba.

A borracha produzida pelo clone IAN 873 foi o que exportou mais nutrientes quando comparada com os demais clones, principalmente sob o sistema $\frac{1}{2}$ S d/4 ET 2,5%, quando se observa os teores dos macronutrientes e sob o sistema $\frac{1}{2}$ S d/2 para os micronutrientes.

Considerando a influência do sistema de sangria, percebe-se que os sistemas de menores freqüências de sangria com estimulação proporcionaram menor exportação para a maioria dos nutrientes presentes na borracha, com destaque para o $\frac{1}{2}$ S d/7 ET 2,5%.

Os teores de nutrientes exportados pela produção de 1.000 kg borracha no município de Votuporanga são apresentados na Tabela 12. Para este local, o nutriente exportado em maior quantidade, assim como no experimento 1 é o K (2,86 kg), seguido do Mg, N, P e S. Este resultado discorda dos valores encontrados por Haag et al. (1987), pois segundo esses autores o macronutriente mais exportado é o N, seguido do S, Mg, P, K e Ca, no município de Nhandeara. Dentre os micronutrientes o Zn foi o mais exportado seguido do Cu, Mn e B, conforme observado no experimento 1.

No experimento 2, chama atenção para os teores de Mg, sendo este o segundo macronutriente mais exportado. Provavelmente isto é resultado da correção do solo feita com calcário dolomítico durante a instalação do experimento, fornecendo MgO. As altas concentrações deste nutriente na borracha e uma relação desfavorável Mg/P acima de 1,5 podem indicar uma menor estabilidade do látex, o que pode ter influenciado negativamente no fluxo do mesmo, contribuindo para as baixas produções observadas no experimento 2. Além disso, o Ca e Mg podem deprimir a absorção de K, que é um elemento essencial para a síntese e estabilidade do látex (BATAGLIA, 2000). O clone RRIM 600 foi o que mais exportou Mg, neste experimento.

Assim como no experimento 1, os sistemas de sangria de menores freqüências de sangria com estimulação proporcionaram uma menor exportação para a maioria dos nutrientes

contidos na borracha, principalmente o $\frac{1}{2}S$ d/4 ET 2,5%. Isto provavelmente é devido a necessidade de um metabolismo menos intenso para a regeneração dos constituintes do sistema laticífero, devido ao maior intervalo entre as sangrias (CASTRO, 2000).

A exportação dos nutrientes N, P, K, Zn e Cu no experimento 2, foram aproximadamente 53%, 52%, 44%, 49% e 61%, menores com relação ao experimento 1. Já a exportação de Mg foi 84% maior no experimento 2.

Chama atenção, nos dois experimentos, as baixas quantidades de Ca exportadas pela borracha, fato esse também observado por Haag et al. (1987) e Murbach (1997), provavelmente relacionada a baixa mobilidade deste nutriente na planta. A quantidade de S exportada também foi baixa e, provavelmente isto é devido a baixa capacidade dos solos tropicais fornecerem este nutriente, refletindo nos baixos teores encontrados na borracha (HAAG; VIÉGAS, 2000).

De maneira geral, a menor exportação de nutrientes em Votuporanga pode ser explicada pela menor fertilidade do solo, conforme demonstrada na interpretação da análise de solo e, também devido às condições climáticas mais restritivas para o metabolismo da seringueira. Com relação à menor exportação de K e P, possivelmente também é devido ao fornecimento de Ca e Mg, por meio do calcário aplicado, pois de acordo com Bataglia (2000) existe um antagonismo de absorção entre esses nutrientes.

Tabela 11 – Exportação de nutrientes pela borracha natural de quatro clones de seringueira submetidos a três sistemas de sangria, no município de Piracicaba SP.

Clone	Sistema de sangria	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Mn	Zn
	kg t ⁻¹g t ⁻¹			
GT 1	½S d/2	3,40	2,48	5,08	0,03	0,56	0,07	0,26	4,37	1,09	7,52
	½S d/4.ET 2,5%	3,58	2,49	5,66	0,03	0,53	0,07	0,33	3,90	1,27	6,42
	½S d/7.ET 2,5%	3,03	2,15	5,34	0,03	0,34	0,08	0,29	2,66	0,76	5,25
IAN 873	½S d/2	3,37	2,76	5,40	0,04	0,48	0,03	0,36	5,62	1,18	7,75
	½S d/4.ET 2,5%	3,61	2,87	5,10	0,04	0,63	0,03	0,29	4,96	1,12	5,28
	½S d/7.ET 2,5%	3,15	2,31	4,36	0,04	0,49	0,03	0,33	3,80	1,09	5,16
PB 235	½S d/2	3,14	2,19	5,64	0,04	0,25	0,03	0,26	3,72	1,24	6,25
	½S d/4.ET 2,5%	3,14	2,08	4,87	0,05	0,25	0,05	0,28	3,12	0,85	5,27
	½S d/7.ET 2,5%	2,99	2,50	5,00	0,04	0,21	0,03	0,30	3,56	0,99	4,75
RRIM 600	½S d/2	2,93	2,65	5,61	0,04	0,53	0,05	0,30	5,04	1,11	4,71
	½S d/4.ET 2,5%	2,87	2,37	4,57	0,03	0,51	0,05	0,28	4,22	1,15	4,60
	½S d/7.ET 2,5%	3,50	2,23	4,64	0,03	0,56	0,09	0,25	3,92	0,97	3,87
	Média	3,23	2,42	5,11	0,04	0,45	0,05	0,29	4,07	1,07	5,57

Tabela 12 – Exportação de nutrientes pela borracha natural de quatro clones de seringueira submetidos a três sistemas de sangria, no município de Votuporanga SP.

Clone	Sistema de sangria	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Mn	Zn
	kg t ⁻¹g t ⁻¹			
GT 1	½S d/2	1,44	1,07	3,11	0,05	2,73	0,13	0,40	1,50	1,29	3,13
	½S d/4.ET 2,5%	1,37	1,02	3,10	0,06	2,70	0,12	0,47	1,11	1,18	3,06
	½S d/7.ET 2,5%	1,53	1,05	3,37	0,05	3,10	0,13	0,52	0,99	1,16	2,96
IAN 873	½S d/2	1,51	1,02	2,98	0,04	1,99	0,12	0,33	1,78	1,25	3,33
	½S d/4.ET 2,5%	1,28	0,96	2,53	0,04	1,67	0,11	0,28	1,78	1,13	3,07
	½S d/7.ET 2,5%	1,34	1,02	2,83	0,04	2,21	0,11	0,30	1,47	1,03	3,11
PB 235	½S d/2	1,16	1,33	2,83	0,04	2,01	0,08	0,24	2,21	0,78	2,92
	½S d/4.ET 2,5%	1,23	1,23	2,57	0,03	1,88	0,07	0,16	2,44	0,67	2,76
	½S d/7.ET 2,5%	1,36	1,36	2,88	0,03	1,71	0,09	0,20	2,10	0,64	2,78
RRIM 600	½S d/2	1,42	1,36	3,16	0,05	4,85	0,10	0,43	1,54	1,11	3,20
	½S d/4.ET 2,5%	1,46	1,31	2,80	0,04	4,59	0,12	0,40	1,74	1,03	3,00
	½S d/7.ET 2,5%	1,50	1,16	2,77	0,05	4,34	0,12	0,39	1,44	1,04	2,85
	Média	1,53	1,16	2,86	0,04	2,81	0,11	0,32	1,60	1,00	2,86

4.4 Considerações gerais

Com relação aos parâmetros de qualidade da borracha, segundo a ABNT (2010), os valores de N% ficaram dentro do valor estabelecido para uma borracha de boa qualidade (0,2 e 0,6 %), em todos os tratamentos, no município de Piracicaba. Apenas no estágio de senescência os valores ficaram muito próximo do limite superior e este resultado concorda com os encontrados por Moreno et al. (2003). Segundo os autores, esse resultado está associado ao processo de translocação de N das folhas em senescência. No município de Votuporanga, os valores de N%, foram críticos principalmente durante o refolhamento, pois ficaram sempre abaixo no valor mínimo estabelecido para todos os tratamentos, provavelmente resultado das condições edafoclimáticas desfavoráveis e também pela partição inadequada de nutrientes. Segundo Bernardes et al. (2000), a formação de folhas e o desenvolvimento de ramos é o dreno principal neste estágio, competindo diretamente para a produção de látex.

Já a CNZ% ficou sempre abaixo do limite máximo (0,6%) estabelecido pela ABNT, (1997), em todos os tratamentos e estádios fenológicos para ambos os experimentos.

Visando uma melhor análise da extração dos nutrientes nos diferentes estádios e locais experimentais, foi realizada a análise estatística multivariada sendo esta apresentada na Figura 30.

Nesta análise, os componentes principais CP 1 e CP 2 foram responsáveis por 100 % da informação (variância) acumulada pelas características da borracha avaliadas em Piracicaba e Votuporanga (Figura 30 A e B), portanto constituem indicadores eficientes de dissimilaridade, permitindo, caracterizar os estádios fenológicos da seringueira quanto a produção, teores de cinzas e a quantidade de nutrientes na borracha.

A intensidade da contribuição dessas características para a discriminação está relacionada à ocorrência de maiores valores absolutos em CP 1 e CP 2, que se caracterizam por apresentar maior poder discriminatório. Em Piracicaba, as características que mais contribuíram para a diferenciação da borracha entre os estádios fenológicos, para o primeiro componente (CP 1) foram: P, S, Mg e B. Quanto ao segundo componente (CP 2), a característica com maior poder discriminatório foi o Mn. Em Votuporanga, verificou-se a ocorrência de altos valores de correlação do primeiro componente para os teores de Cu, K, Mg, Ca, P e B e de N e S para o segundo componente. Nos dois locais experimentais, o primeiro componente por apresentar valor de informação retida maior que a do segundo, foi considerado mais adequado para explicar a contribuição das características avaliadas.

No experimento 1, durante o refoalhamento houve maior extração de alguns nutrientes pela borracha, provavelmente por meio da interceptação de um fluxo ascendente dos nutrientes estocados anteriormente, como o Cu e Mg no soro lutóide e S dos compostos tióis do látex. O estágio de folhas maduras está correlacionado com maior produção, muito provavelmente devido ao maior índice de área folia (IAF), pois segundo Righi et al. (2001) há correlação positiva entre IAF e produção de borracha. Além disso, com o total amadurecimento foliar a fotossíntese líquida é maior, devido a melhor eficiência do aparato fotossintético (MIGUEL et al. 2007) e isto favorece a produção por meio do excesso de fotossintetizados canalizados para a via terpenóide de síntese da borracha. Percebe-se também, que durante este estágio houve um melhor equilíbrio na extração dos nutrientes, possivelmente pela menor competição entre a produção e a formação de órgãos. Durante o estágio de senescência, foram verificados maiores teores dos nutrientes K, N e teores de cinzas na borracha, o que confirma que durante este estágio a sangria pode drenar os nutrientes móveis provenientes a mobilização dos mesmos das folhas em senescência. Embora os nutrientes Ca e B sejam considerados imóveis na planta, também foram observados maiores teores destes, durante a senescência. Provavelmente o Ca é proveniente do acúmulo no soro lutóide que exerce importante controle metabólico, especialmente a glicólise (BUTTERY; BOATMAN, 1985). Já a correlação do B com o Ca, pode ser explicada devido a intervenção deste elemento no metabolismo dos cátions, especialmente o Ca, durante a formação da pectina nas membranas celulares e no metabolismo de glicídeos (DECHEN; NACHTIGALL, 2006).

Em Votuporanga, com exceção do N, S e Mg, todos os demais nutrientes foram mais extraídos pela borracha, no estágio de refoalhamento. Porém, a maior disponibilidade de nutrientes não está correlacionada com maior produção, devido possivelmente a uma fotossíntese líquida negativa impedindo o fornecimento fotoassimilados para a síntese do látex, neste estágio. Isto, também pode ter provocado um déficit nutricional nas folhas, o que pode ser comprovado pela menor extração de nutrientes durante a remobilização dos mesmos, resultando em falta de correlação das variáveis com o estágio de senescência. A maior produção foi obtida no estágio de folhas maduras e, além dos motivos citados anteriormente para o experimento 1, a mesma foi correlacionada com os maiores teores de Mg extraídos, possivelmente como resultado da calagem, conforme já explicado. Este resultado discorda com vários trabalhos que mostram a baixa resposta produtiva da seringueira à aplicação de calcário, conforme descrevem Carvalho, Carvalho e Assis (2000). Porém, como ressaltam estes mesmos autores levando em consideração a alta exigência de Ca e Mg, na fase de

produção e a recomendação de clones mais exigentes em nutrientes, a calagem se torna indispensável para o sucesso da exploração dessa cultura. Além disso, segundo esses autores a sangria drena aproximadamente metade do cálcio e magnésio absorvido pela planta, havendo necessidade de reposição destes nutrientes. Porém, a correlação do Mg com a produção deve ser analisada com cautela, pois segundo Sá (2000), a análise deste nutriente é complexa visto os papéis promotores e inibidores da produção. Segundo este autor altas concentrações de Mg reflete uma maior desestabilização do látex, por neutralizarem as cargas eletro-negativas das partículas lutóides que são responsáveis pela estabilidade coloidal do látex, promovendo uma maior coagulação e prejudicando o fluxo do látex. A razão para as baixas produções obtidas pelos os clones avaliados, em Votuporanga, principalmente com relação ao RRIM 600, GT 1 e IAN 873 pode ser devido a relação desequilibrada Mg/P acima de 1,5 no látex, provocando uma desestabilização do mesmo, sendo refletido nos teores encontrados na borracha seca. Este desequilíbrio no balanço nutricional, dentre outros fatores, pode ter sido também a causa das menores produtividades obtidas no experimento 2, comparadas com o experimento 1.

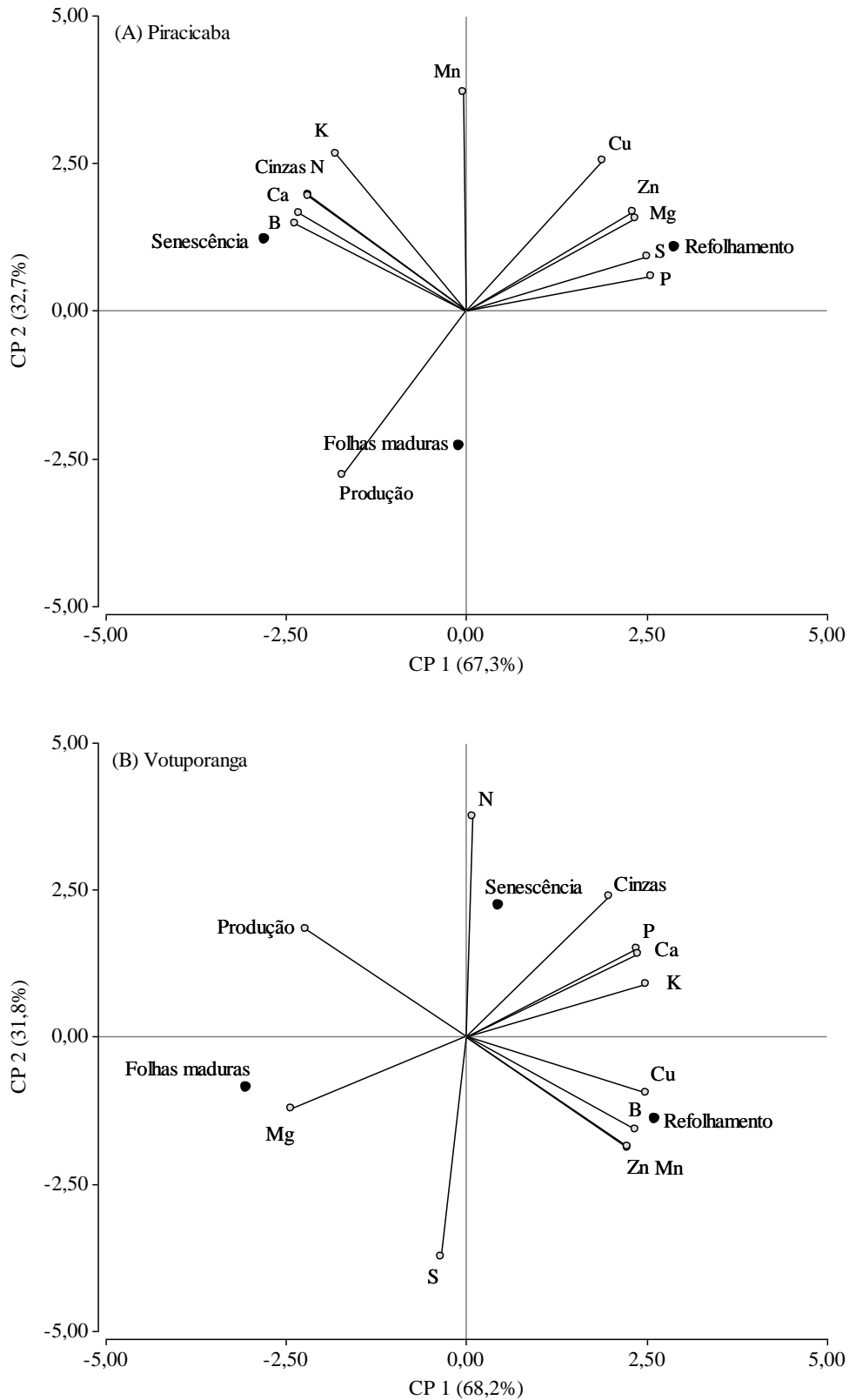


Figura 30 – Biplot mostrando a relação entre produção de borracha seca, teor de cinzas, macro e micronutrientes da borracha natural de clones de seringueira, nos estádios de refolhamento, folhas maduras e senescência, nos municípios de Piracicaba (A) e Votuporanga (B), SP

Considerando efeito isolado do sistema de sangria, os sistemas de menores frequências com estimulação ($\frac{1}{2}S$ d/4 ET 2,5% e $\frac{1}{2}S$ d/7 ET 2,5%) proporcionaram maiores produções e menor extração de nutrientes, nos estádios de maiores restrições para a planta (refolhamento e senescência). Isto pode ser explicado pelo maior intervalo entre sangrias, levando a necessidade de um metabolismo menos intenso e possibilitando maior e melhor regeneração do látex nos vasos laticíferos comparado com o sistema de maior frequência de sangria ($\frac{1}{2}S$ d/2). Rao et al. (1998) cita que a sangria causa perda de constituintes das células dos vasos laticíferos e a regeneração do látex envolve intensa atividade metabólica, principalmente em sistemas com alta frequência de sangria.

Comparando os valores de exportação dos nutrientes com outros trabalhos, verifica-se que os resultados obtidos no presente estudo são muito semelhantes com os alcançados por Haag et al. (1987), porém estão um pouco abaixo dos obtidos por Murbach (1997). Provavelmente, os valores mais elevados encontrados por este autor é devido ao método de amostragem utilizado, visto que foi determinada a exportação de nutrientes da borracha com o soro. No presente, trabalho utilizou-se a borracha sem o soro com o objetivo de definir melhor as quantidades de nutrientes que são retiradas do seringal por meio das sangrias. Desta forma, visando comercialmente a obtenção de coágulos, o soro retorna para o processo de reciclagem de nutrientes durante a pré-secagem da seringueira ainda no campo, além de outras partes da planta como folhas, galhos, frutos e sementes. Ou seja, a exportação de nutrientes pela borracha da seringueira, nos plantios comerciais, se dá pela retirada dos mesmos por meio do coágulo sem o soro.

Com relação ao micronutriente Fe há necessidade de desenvolvimento de um protocolo adequado de amostragem e de preparação da borracha natural coletada no campo, visto que houve variação muito grande dos resultados encontrados na literatura e no presente trabalho. Isto provavelmente pode ter sido resultado de contaminação das amostras de borracha.

Analisando a exportação de nutrientes pela borracha natural com a exportação dos mesmos por outras matérias-primas, verifica-se que as quantidades de nutrientes que saem do seringal são muito pequenas. Porém, conforme explica Bataglia (2000), a reposição de nutrientes por meio de adubações é muito importante, pois durante a fase produtiva a seringueira continua crescendo e, para isso também depende de nutrientes para a formação de biomassa. Além disso, conforme observado no presente estudo, a produção e a qualidade da borracha foi negativamente afetada sob condições de menor fertilidade do solo.

5 CONCLUSÕES

– A produção e as características da borracha natural dos clones são influenciadas pelas condições edafoclimáticas; pelos sistemas de sangria e variam de acordo com o estágio fenológico da seringueira.

– No estágio de senescência ou em locais com condições edafoclimáticas inadequadas, os clones não conseguem expressar o potencial produtivo. Nestas condições os sistemas de sangria são responsáveis por maior parte das diferenças observadas na produção e características da borracha.

– O clone IAN 873 é o clone menos eficiente no uso de nutrientes; extrai proporcionalmente mais nutrientes e apresenta menores produções de borracha.

– No estágio de folhas maduras e quando as condições edafoclimáticas são favoráveis, o clone RRIM 600 é superior em produção com relação aos demais clones.

– Sistemas com baixa frequência de sangria e estimulação ($\frac{1}{2}S$ d/4 ET 2,5% e $\frac{1}{2}S$ d/7 ET 2,5%) proporcionam maior produção de borracha por árvore por sangria e extraem menores quantidades de nutrientes na borracha.

– No período de senescência ocorre maior extração de nutrientes e os clones apresentam borracha de pior qualidade.

– A sangria no período de refohamento não deve ser realizada, devido à grande exportação de nutrientes essenciais.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11597**: borracha natural. Rio de Janeiro, 1997. 22 p.

_____. **NBR ISO 1656**: borracha natural crua e látex natural; determinação do teor de nitrogênio. Rio de Janeiro, 2010. 17 p.

ASSOCIAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DE ARTEFATOS DE BORRACHA. **Dados do setor**. Disponível em: <<http://www.abiARB.com.br>>. Acesso em: 10 jul. 2011.

ASSOCIAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DE PNEUMÁTICOS. **Produção da indústria brasileira de pneus em 2010/empregos e salários**. Disponível em: <<http://www.anip.com.br>>. Acesso em: 10 jul. 2011.

ASSOCIAÇÃO PAULISTA DE PRODUTORES E BENEFICIADORES DE BORRACHA. **Indicadores**. Disponível em: <<http://www.apabor.org.br>>. Acesso em: 10 jul. 2011.

BATAGLIA, O.C. Nutrição e adubação de seringueiras em exploração. In: BERNARDES, M.S. (Ed.). **Sangria da seringueira**. Piracicaba: ESALQ, 2000. p. 103-117.

BATAGLIA, O.C.; SANTOS, W.R. Nutrição e adubação de seringueiras em formação e produção. In: CICLO DE PALESTRAS SOBRE A HEVEICULTURA PAULISTA, 1., 1998, Barretos. **Anais...** Barretos, 1998. p. 21-25.

BATAGLIA, O.C.; CARDOSO, M.; CARRETERO, M.V. Situação nutricional de seringueiras produtivas no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 47 n. 1 p. 109-123, 1988.

BERNARDES, M.S.; RIGHI, C.A.; ABBUD, D.M. Resposta dos cultivares orientais de seringueira aos sistemas de exploração. In: BERNARDES, M.S. (Ed.). **Sangria da seringueira**. Piracicaba, ESALQ, 2000. p. 283-299.

BERNARDES, M.S.; CASTRO P.R.C.; MARTINS, A.N.; VIRGENS-FILHO, A. C. Fatores ligados à escolha do sistema de exploração. In: BERNARDES, M.S. (Ed.). **Sangria da seringueira**. Piracicaba, ESALQ, 2000. p. 139-182.

BUTTERY, B.R.; BOATMAN, S.G. **Déficits hídricos e fluxo de látex**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 120 p.

CÂMARA, G.M.S. Fenologia é ferramenta auxiliar de técnicas de produção. **Visão Agrícola**, Piracicaba, n. 5, p. 63-66, 2006.

CÂMARA SETORIAL DA CADEIA PRODUTIVA DA BORRACHA NATURAL. **Ata da 8ª Reunião**. Disponível em: <http://www.codeagro.sp.gov.br/camaras_setoriais/borracha_natural/>. Acesso em: 30 mar. 2006.

CAMARGO, A.P. Possibilidades climáticas da cultura da seringueira no Estado de São Paulo. **O Agrônomo**, Campinas, v. 11, n. 5/6, p. 13-31, 1959.

CARVALHO, J.G.; CARVALHO, M.A.; ASSIS, R.P. Calagem e gessagem na cultura da seringueira. In: VIÉGAS, I.J.M.; CARVALHO, J.G. (Ed.). **Seringueira nutrição e adubação no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 175-208.

CASTRO, P.R.C. Bases fisiológicas da produção de látex e da estimulação de *Hevea brasiliensis*. In: BERNARDES, M.S. (Ed.). **Sangria da seringueira**. Piracicaba: ESALQ, 2000. p. 45-63.

CASTRO, P.R.C.; VIRGENS-FILHO, A.C. Fisiologia da seringueira. In: SIMPÓSIO SOBRE A CULTURA DA SERINGUEIRA NO ESTADO DE SÃO PAULO, 1., 1986, Piracicaba. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill. 1986. p. 253-270.

CIIAGRO ONLINE. **Balanco hídrico**. Disponível em: <www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline/>. Acesso em: 10 dez. 2011.

COMISSÃO TÉCNICA DA SERINGUEIRA. **A cultura da Seringueira para o estado de São Paulo**. Campinas: CATI, 2010. 163 p. (CATI. Manual, 72).

COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL. **Levantamento censitário das unidades de produção agropecuária**. Disponível em: <<http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa/>>. Acesso em: 15 ago. 2011.

D'AUZAC, J.; JACOB, J.L.; CHRESTIN, H. Physiology of rubber tree latex. In: _____ (Ed.). **Physiology of rubber tree latex**. Boca Raton: CRC Press, 1988. p. 245-255.

DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G.R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M.S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 327-354.

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A.L. Ecofisiologia e fenologia. In: _____ (Ed.). **Produção de feijão**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2000. p. 23-48.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa – SPI; Embrapa-CNPS, 1999. 412 p.

FURLANI JUNIOR, E.; VIEIRA, M.R.; MELLO, L.M.M.; MOREIRA, R.C. Comportamento produtivo e frequências de sangria em quatro clones de seringueira em Selvíria-MS. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 50, n. 289, p. 293-301, 2003.

FURTADO, E.L.; SILVEIRA, A.P.; GONÇALVES, P.S.; COSTA, J.D.; WINDEL, W.; SEGNINI JÚNIOR, I. Avaliação de cultivares de seringueira quanto ao desfolhamento causado por *Colletotrichum gloeosporioides* Penz., no Estado de São Paulo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 19, p. 339, 1994.

GALIANI, P.D. **Avaliação e caracterização da borracha natural de diferentes clones de seringueira cultivados nos estados de Mato Grosso e Bahia**. 2010. 172 p. Tese (Doutorado em Físico Química) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.

GASPAROTTO, L.; SANTOS, A.F.; PERREIRA, J.C.R.; FERREIRA, F.A. **Doenças da seringueira no Brasil**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1997. 168 p.

GIREESH, T.; THOMAS, K.U.; THOMAS, V.; SARASWATHYAMMA, C.K.; POTHEN, J.; VIJAYAKUMAR, K.R. Response of nine rubber clones to yield stimulation using ethephon. **Natural Rubber Research**, Kottayan, v. 18, n. 2, p. 130-136, 2005.

GONÇALVES, P.S.; FONTES, J.R.A. Domestication and breeding of rubber tree. In: BORÉM, A.; LOPES, M.T.G.; CLEMENT, C.R. (Ed.). **Domestication and breeding: Amazon species**. Viçosa: UFV, 2012. p. 399-427.

GONÇALVES, P.S.; BATAGLIA, O.C.; ORTOLANI, A.A.; FONSECA, F.S. **Manual de heveicultura para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 78 p.

GONÇALVES, P.S.; SOUZA, S.R. de; BRIOSCHI, A.P.; VIRGENS-FILHO, A.C.; MAY, A.; ALARCON, R.S.C. Efeito da frequência de sangria e estimulação no desempenho produtivo e econômico de clones de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 6, p. 1081-1091, 2000.

GRASSI, A.M. **Fenologia e qualidade de frutos de nespereira**. 2008. 72 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

HAAG, H.P.; VIÉGAS, I.J.M. Crescimento e extração de nutrientes da seringueira. In: VIÉGAS, I.J.M.; CARVALHO, J.G. (Ed.). **Seringueira nutrição e adubação no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 77-121.

HAAG, H.P.; BUENO, N.; PEREIRA, J.P. Alguns aspectos recentes da nutrição da seringueira no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE A CULTURA DA SERINGUEIRA, 1987, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 1987. p. 59-88.

HALLÉ, F.; OLDEMAN, R.A.; TOMLINSON, P.B. **Tropical trees and forest**. Berlin: Springer-Verlag, 1978. 441 p.

HWEE, A.; TANAKA, Y. Structure of natural rubber. **Trends in Polymer Science**, Oxford, n. 3, p. 493-513, 1993.

INSTITUT DE RECHERCHES SUR LE CAOUTCHOUC. **Rapport annuel**. Montpellier, 1987. 220 p.

INTERNATIONAL RUBBER STUDY GROUP. Production of natural rubber (Table 7). **Rubber Statistical Bulletin**, Wembley, v. 16, n. 7/9, p. 14-15, 2012a.

_____. Consumption of natural rubber (Table 8). **Rubber Statistical Bulletin**, Wembley, v. 16, n.7/9, p. 17-19, 2012b.

JACOB, J.L.; PRÉVÔT, J.C.; ROUSSEL, D.; LACROTTE, R.; ESCHBACH, J.M. Le diagnostic du latex. **Plantations, Recherche, Développement**, Montpellier, v. 2, p. 33-37, 1995.

JACOB, J.L.; PRÉVÔT, J.C.; ROUSSEL, D.; LACROTTE, R.; SERRES, E.; D'AUZAC, J.; ESCHBACH, J. M.; OMONT, H. Yield limiting factors, latex physiological parameters, latex diagnosis, and clonal typology. In: D'AUZAC, J.; JACOB, J.L.; CHRESTIN, H. (Ed.).

Physiology of rubber tree latex. Boca Raton: CRC Press, 1988. p. 345-382.

JIANG, A. Climate and natural production of rubber (*Hevea brasiliensis*) in Xishuangbanna, Southern part of Yunnan Province, China. **International Journal of Biometeorology**, Ohio, v. 32, p. 280-282, 1988.

KEKWICK, R.G.O. The formation of polyisoprenoids in *Hevea* latex. In: D'AUZAC, J.; JACOB, J.L.; CHRESTIN, H. (Ed.). **Physiology of rubber tree latex**. Boca Raton: CRC Press, 1989. p. 145-164.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 201 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 888 p.

MENZEL, A. Trends in phenological phases in Europe between 1951 and 1986. **International Journal of Biometeorology**, Ohio, v. 44, p. 76-81, 2000.

MESQUITA, A.C; OLIVEIRA, L.E.M.; CAIRO, P.A.R.; VIANA, A.A.M. Sazonalidade da produção e características do látex de clones de seringueira em lavras, MG. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 4, p. 633-639, 2006.

MIGUEL, A.A.; OLIVEIRA, L.E.M.; CAIRO, P.A.R.; OLIVEIRA, D.M. Photosynthetic behaviour during the leaf ontogeny of rubber tree clones [*Hevea brasiliensis* (Wild. ex. Adr. de Juss.) Muell. Arg.], in Lavras, M.G. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, p. 91-97, 2007.

MORAES, V.H.F. **Fisiologia**. Belém: FCAP, 1980. pt. 1, 51 p.

_____. **Sugestões para uniformização da metodologia de estudo da fenologia foliar da seringueira**. Manaus: EMBRAPA, CNPSD, 1983. 19 p.

MORENO, R.M.B.; FERREIRA, M.; GONCALVES, P.S.; MATTOSO, L.H.C. Technological properties of latex and natural rubber of *Hevea brasiliensis* clones. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 2, p. 122-126, 2005.

MORENO, R.M.B.; GONÇALVES, P.S.; FERREIRA, M.; MATTOSO, L.H.C. Avaliação do látex e da borracha natural de clones de seringueira no Estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 5, p. 583-590, 2003.

MORENO, R.M.B.; MARTINS, M.A.; GONÇALVES, P.S.; FERREIRA, M.; MATTOSO, L.H.C. Propriedades físicas e propriedades tecnológicas da borracha natural. In: ALVARENGA, A.P.; CARMO, C.A.F.S. (Ed.). **Seringueira**. Viçosa: EPAMIG, 2008. p. 805-853.

- MURBACH, M.R. **Efeitos da adubação NPK no crescimento, na produtividade e na exportação de nutrientes pela seringueira**. 1997. 91 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.
- MURBACH, M.R.; BOARETTO, A.E.; MURAOKA, T.; SOUZA, E.C.A. Nutrient cycling in a RRIM 600 clone rubber plantation. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 2, p. 353-357, 2003.
- NAIR, N.U.; RAMESH NAIR, B.; THOMAS, M.; GOPALAKRISHNAN, J. Latex diagnosis in relation to exploitation systems in clone RRII 105. **Journal of Rubber Research**, Kuala Lumpur, v. 7, p. 127-137, 2004.
- ODJUGO, A.O.P.; IKHILE, C.I. The impact of climatic conditions and tapping time on the yield of rubber (*Hevea brasiliensis*) in mid-western Nigeria. **Tropical Agriculture**, Saint Augustine, v. 81, n. 1, p. 7-10, 2004.
- OLIVETTE, M.P.A.; CASTANHO FILHO, E.P.; SACHS, R.C.C.; NACHILUK, K.; MARTINS, R.; CAMARGO, F.P.C.; ANGELO, J.A. Tendência da ocupação de mão de obra na agricultura paulista nos cultivos da cana-de-açúcar, eucalipto e seringueira, 2010-2030. **Análise e indicadores do agronegócio**, São Paulo, v. 6, n. 7, p. 1-7, 2011a.
- OLIVETTE, M.P.A.; CASTANHO FILHO, E.P.; SACHS, R.C.C.; NACHILUK, K.; MARTINS, R.; CAMARGO, F.P.C.; ANGELO, J.A.; OLIVEIRA, L.H.D.C.L. Evolução e prospecção da agricultura paulista: liberação da área de pastagem para o cultivo da cana-de-açúcar, eucalipto, seringueira e reflexos na pecuária, 1996-2030. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 41, n. 3, p. 37-67, 2011b.
- OMOKHAFE, K.O. Interaction between flowering pattern and latex yield in *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, n. 4, p. 280-284, 2004.
- ORTOLANI, A.A.; PEZZOPANE, J.E.M.; SENTELHAS, P.C. Aspectos climáticos condicionantes da produção da seringueira. In: BERNARDES, M.S. (Ed.). **Sangria da seringueira**. Piracicaba: ESALQ, 2000. p. 1-20.
- ORTOLANI, A.A.; SENTELHAS, P.C.; CAMARGO, M.B.P.; PEZZOPANE, J.E.M.; GONÇALVES, P.S. Agrometeorological model for seasonal rubber tree yield. **Indian Journal of Natural Rubber Research**, Kottayan, v. 11, n. 1/2, p. 8-14, 1998.
- PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2002. 478 p.
- PEREIRA, A.V.; PEREIRA, E.B.C.; BENESI, J.F.C. Desempenho de clones de seringueira sob diferentes sistemas de sangria. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, Planaltina, n. 16, p. 1-19, 2001.
- PRIYADARSHAN, P.M.; SASIKUMAR, S.; GONÇALVES, P.S. Phenological changes in *Hevea brasiliensis* under differential geo-climates. **The Planter**, Kuala Lumpur, v. 77, n. 905, p. 447-459, 2001.

- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1997. 285 p. (IAC. Boletim, 100).
- RAO, P.S.; SARASWATHYAMMA, C.K.; SETHURAJ, M.R. Studies on the relationship between yield and meteorological parameters of para rubber tree (*Hevea brasiliensis*). **Agricultural and Forest Meteorology**, New Haven, v. 90, p. 235-245, 1998.
- RAO, S.P.; VIJAYAKUMAR, K.R. Climatic requirements. In: SETHURAJ, M.R.; MATHEW, N.M. (Ed.). **Natural rubber: biology, cultivation and technology**. Kerala: RRII, 1992. p. 200-219.
- REIS, E.L.; CHEPOTE, R.E.S. Solos e nutrição da seringueira. In: ALVARENGA, A.P., CARMO, C.A.F.S. (Ed.). **Seringueira**. Viçosa: EPAMIG, 2008. p. 249-310.
- RIGHI, C.A.; BERNARDES, M.S.; CASTRO, D.S.; ABBUD, D. M. Fenologia e variação temporal do índice de área foliar de três cultivares de seringueira (*Hevea* spp.). **Agrotrópica**, Ilhéus, v. 13, n. 3, p. 125-132, 2001.
- RRIM planting recommendations 1989-91. **Planters' Bulletin of the Rubber Research Institute of Malaysia**, Kuala Lumpur, v. 198, p. 3-23, 1989.
- ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente ExcelTM para os cálculos de balanços hídricos: normal, seqüencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Sete Lagoas, v. 6, n. 1, p. 133-137, 1998.
- SÁ, T.D.A. Aspectos ecofisiológicos da sangria da seringueira. In: BERNARDES, M.S. (Ed.). **Sangria da seringueira**. Piracicaba: ESALQ, 2000. p. 21-44.
- SAMBUGARO, R. **Estágios foliares, fenologia da seringueira (*Hevea* spp.) e interação com *Microcyclus ulei* (mal das folhas)**. 2007. 94 p. Tese (Doutorado em Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2007.
- SARASWATHYAMMA, C.K.; LICY, J.; MARATTUKALAM, J.G. Planting materials. In: GEORGE, P.J.; JACOB, C.K. (Ed.). **Natural rubber: agromanagement and crop processing**. Kottayam: RRII, 2000. p. 59-74.
- SHORROCKS, V.M. **Deficiências minerais em *Hevea* e em plantas de cobertura associadas**. Brasília: SUDHEVEA, 1979. 76 p.
- SILPI, U.; CHANTUMA, P.; KASEMSAP, P.; THALER, P.; THANISAEANYANGKURA, S.; LACOINTE, A.; AMÉGLIO, T.; GOHET, E. Sucrose and metabolism distribution patterns in the latices of three *Hevea brasiliensis* clones: effects of tapping and stimulation on the tree trunk. **Journal of Rubber Research**, Kuala Lumpur, v. 9, n. 2, p. 115-131, 2006.
- SILVA, J.Q. **Sistemas de exploração em clones de seringueira: caracteres agrônômicos e viabilidade econômica**. 2008. 117 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Produção Agrícola) – Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, 2008.

- SILVA, J.Q.; SOUZA, M.I.T.; GONÇALVES, P.S.; PINOTTI, R.N. Sistemas de exploração de seringueira utilizados em clones asiáticos Prang Besar no Oeste paulista. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 7 p. 949-955, 2007a.
- SILVA, J.Q.; SOUZA, M.I.T.; GONÇALVES, P.S.; AGUIAR, A.T.E.; GOUVÊA, L.R.L. Viabilidade econômica de diferentes sistemas de sangria em clones de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, p. 349-356, 2007b.
- SILVA, J.Q.; SOUZA, M.I.T.; GONÇALVES, P.S.; SCARPARE FILHO, J.A.; COSTA, R.B. Agronomical performance and profitability of exploitation systems in four rubber tree clones in São Paulo State. **Bragantia**, Campinas, v. 69, p. 843-854, 2010.
- SOUZA, S.R.; FERNANDES, M.S. Nitrogênio. In: FERNANDES, M.S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 215-252.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. New York: McGraw – Hill, 1980. 631 p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed. 2009. 719 p.
- THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Centerton: Drexel Institute of Climatology, 1955. 211 p.
- VIRGENS-FILHO, A.C. Exploração de seringais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 237, p. 105-119, 2007.
- VIRGENS-FILHO, A.C.; SENA-GOMES, A.R. Resposta dos clones brasileiros de seringueira aos sistemas de exploração. In: BERNARDES, M.S. (Ed.). **Sangria da seringueira**. Piracicaba: ESALQ, 2000. p. 301-333.
- VIRGENS-FILHO, A.C.; MOREIRA, A.; CASTRO, P.R.C. Características físicas e químicas do látex e crescimento da seringueira em função da calagem e da adubação NPK em dois sistemas de exploração. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 6, p. 1237-1245, 2003.
- VIRGENS-FILHO, A.C.; SENA-GOMES, A.R.; SANTOS, S.M. Sistemas de sangria em painel baixo e painel alto do clone Fx 25. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE EXPLORAÇÃO E ORGANIZAÇÃO DE SERINGAIS DE CULTIVO, 1986, Brasília. **Resumo...** Brasília: SUDHEVEA, 1986. p. 35-44.
- VIRGENS-FILHO, A.C.; MATOS, C.R.; REIS, E.L.; SCOMPARI, C.H.J. **Cultivo de seringueira para a produção de borracha natural**. Viçosa: CPT, 1999. 64 p.
- YEANG, H.Y.; PARANJOTHY, K. Some preliminary determinants of seasonal yield variations. **Journal of the Rubber Research Institute of Malaysia**, Kuala Lumpur, v. 30, n. 3, p. 131-147, 1982.

ANEXOS

ANEXO A – Produção de borracha seca (gramas de borracha seca árvore⁻¹ sangria⁻¹), de clones de seringueira em diferentes estádios fenológicos, no município de Piracicaba SP

Clones	Estádios Fenológicos		
	Refolhamento	Folhas maduras	Senescência
GT 1	21,73b	75,30ab	44,16a
IAN 873	14,62c	50,68b	44,21a
PB 235	14,06c	50,41b	52,25a
RRIM 600	26,71a	101,40a	66,33a
Média geral	19,28	69,44	51,74

Médias seguidas de mesma letra para cada estágio não diferem entre si pelo teste de Tukey à 1% de significância.

ANEXO B – Produção de borracha seca (gramas de borracha seca árvore⁻¹ sangria⁻¹), de clones de seringueira em diferentes estádios fenológicos, no município de Votuporanga SP

Clones	Estádios Fenológicos		
	Refolhamento	Folhas maduras	Senescência
GT 1	25,79a	37,06a	42,59a
IAN 873	18,39a	36,84a	34,83a
PB 235	25,54a	41,49a	45,47a
RRIM 600	19,84a	39,75a	38,66a
Média geral	22,39	43,79	40,38

Médias seguidas de mesma letra para cada estágio não diferem entre si pelo teste de Tukey à 1% de significância.