**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP**

**CÂMPUS DE JABOTICABAL**

# EFEITO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA EM POMAR DE GOIABEIRAS

**Rafael Marangoni Montes**

**Engenheiro Agrônomo**

**2013**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP**

**CÂMPUS DE JABOTICABAL**

# EFEITO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA EM POMAR DE GOIABEIRAS

**Rafael Marangoni Montes**

**Orientador: Prof. Dr. William Natale**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Ciência do Solo)

**2013**

Montes, Rafael Marangoni Montes
M779e Efeito da adubação nitrogenada e potássica em pomar de goiabeiras / Rafael Marangoni Montes. – – Jaboticabal, 2013
x, 65 p. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2013
Orientadora: William Natale
Co-orientador: Pedro Luiz Martins Soares
Banca examinadora: Antonio Baldo Geraldo Martins, Marcelo carvalho Minhoto Teixeira Filho
Bibliografia

1. Análise Composicional. 2. Relações Log Isométricas (ilr). 3. *Psidium guajava* L. 4. Nutrição Mineral. 5. Balaço Nutricional. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 634.42:631.84

unesp **UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**

**CAMPUS DE JABOTICABAL**

**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL**

## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO:** EFEITO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA EM POMAR DE GOIABEIRAS

**AUTOR: RAFAEL MARANGONI MONTES**

**ORIENTADOR: Prof. Dr. WILLIAM NATALE**

**CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. PEDRO LUIZ MARTINS SOARES**

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA (CIÊNCIA DO SOLO) , pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. WILLIAM NATALE
Departamento de Solos e Adubos / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Prof. Dr. ANTONIO BALDO GERALDO MARTINS
Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Prof. Dr. MARCELO CARVALHO MINHOTO TEIXEIRA FILHO
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Data da realização: 19 de novembro de 2013.

## DADOS CURRICULARES DO AUTOR

**RAFAEL MARANGONI MONTES** – Nascido em Presidente Prudente-SP em 07 de janeiro de 1988. Graduou-se Engenheiro Agronômo em Julho de 2011 na Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Unesp, Câmpus de Ilha Solteira – SP. Durante o curso de graduação realizou diversos estágios, foi monitor de duas disciplinas, participou de diversos eventos e cursos, foi bolsista de iniciação científica (PIBIC/CNPq) por dois anos, dentre outras atividades realizadas. Em agosto de 2011 iniciou o Mestrado em Agronomia (Ciência do Solo) na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Unesp, campus de Jaboticabal - SP. Durante o mestrado foi bolsista CAPES. De fevereiro à julho de 2013 realizou estágio em pesquisa na *Université Laval*, em Québec no Canadá, junto ao *Departament dês Sols et de Génie Agroalimentaire*. Realizou diversas atividades como estágio docência, participação em simpósios e congressos e condução de experimento.

Aos meus pais Abílio Salvador Montes Gonçalves e Sônia Maria Nalesso Marangoni Montes e a minha irmã Ana Bheatriz Marangoni Montes

DEDICO

A você mãe por sempre estar ao meu lado, orientando e dedicando-se por mais difícil que seja a jornada

MEU CARINHO E ADMIRAÇÃO

Aos agricultores que alimentam o nosso país

OFEREÇO

Aos amigos e companheiros

OBRIGADO

## AGRADECIMENTOS

A Universidade Estadual Paulista e ao Departamento de Solos e Adubos pela acolhida.
Ao Prof. William Natale pela confiança, orientação, ensinamentos, dedicação, princípios e profissionalismo e a Sra. Marisa Natale pela presença e apoio em todas as etapas de nosso trabalho, os meus sinceros agradecimentos.
Ao amigo Daniel Angeluci de Amorim pelos ensinamentos, confiança e dedicação ao nosso trabalho.
Aos amigos Danilo Eduardo Rozane e Henrique Antunes de Souza, executores incansáveis de nosso trabalho, meu eterno obrigado.
Aos amigos da graduação e da pós-graduação e as repúblicas, em especial a K-Zona Rural e a Tapa Xana
A Empresa VAL Alimentos pelo crédito ao trabalho e pelo imprescindível apoio na condução do experimento, nosso muito obrigado. Em especial aos funcionários Valdemir, Gilmar, Débora e Sérgio.
Ao professor Léon Etienne Parent pelos novos conhecimentos, dedicação, incentivo e parceria ao nosso trabalho.
Aos Professores Centurion e Itamar pela grande ajuda no exame de qualificação e aos professores Marcelo e Toninho pelas valiosas contribuições na defesa de tese.
A Viviane pela grande ajuda ao nosso trabalho.
A Claudia, Célia e Dejair, muito obrigado pela dedicação ao nosso trabalho.
A Tieko pelas imprescindíveis correções de literatura.
Aos funcionários do departamento de solos e adubos, Dejair, Ademir, Maria Inês, Luis, Anderson, Gomes e Cristiano, pela ajuda na execução do trabalho.
Aos funcionários da Fazenda da Unesp e ao Eric, pela força de trabalho.
Aos funcionários da biblioteca, das secretarias de pós-graduação e de transporte pela ajuda.

**SUMÁRIO**

Página

RESUMO..... i

ABSTRACT..... ii

**CAPÍTULO 1** - **CONSIDERAÇÕES GERAIS**..... 1

1.1. Introdução..... 1

1.2. Importancia da fruticultura..... 3

1.3. Aspectos gerais da goiabeira..... 6

1.4. Nutrição mineral de goiabeira..... 7

1.4.1. Nitrogênio e potássio..... 9

1.5. Análise composicional e coordenadas *ilr*..... 12

1.6. Referências..... 14

**CAPÍTULO 2 - ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA EM POMAR DE GOIABEIRAS, AVALIADAS DURANTE CINCO CICLOS: I - EFEITOS NA PLANTA E NA PRODUÇÃO**..... 20

Resumo..... 20

Abstract..... 21

2.1. Introdução..... 22

2.2. Material e métodos..... 24

2.3. Resultados e discussão..... 28

2.4. Conclusões..... 34

2.5. Referências..... 35

**CAPÍTULO 3** - **ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA EM POMAR DE GOIABEIRAS, AVALIADAS DURANTE CINCO CICLOS: II - EFEITOS NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO** 39

Resumo..... 39

Abstract..... 40

3.1. Introdução..... 41

3.2. Material e métodos..... 43

3.3. Resultados e discussão..... 45

3.4. Conclusões..... 60
3.5. Referências..... 61
**APÊNDICES**..... 63

# EFEITO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA EM POMAR DE GOIABEIRAS

**RESUMO -** A resposta da goiabeira à adubação pode ser monitorada por análise de tecido vegetal. A correta interpretação desses dados, com base nos teores-padrão, é de grande importância para o correto manejo nutricional da cultura. No entanto, os teores-padrão são constantemente criticados por não considerarem as interações que ocorrem entre os elementos. Através do exposto, este trabalho teve como objetivo utilizar a análise composicional, com o auxílio das coordenadas *ilr*, a fim de avaliar a produtividade da cultura, equilíbrio catiônico do solo e melhorar o diagnóstico nutricional da goiabeira 'Paluma', em resposta à doses de nitrogênio e potássio em pomar de goiabeiras 'Paluma', durante cinco ciclos produtivos consecutivos,em área comercial irrigada, no município de Vista Alegre do Alto – SP, durante cinco ciclos consecutivos, de 2009 a 2012, observando a influência do dos fertilizantes (ureia e cloreto de potássio) e da sazonalidade. Nas plantas observou-se que a adubação nitrogenada alterou significativamente os balanços [N, P, S, | K, Ca, Mg], [N, P| S] médio e [N | P], e a adubação potássica modificou significativamente os balanços [K | Ca, Mg] e [Ca | Mg] médio. Verificou-se que o período de cultivo e a adubação nitrogenada influenciaram na produtividade da goiabeira 'Paluma'. A produtividade das goiabeiras e seu balanço nutricional permitiram a definição de faixas de balanço nutricional, bem como sua validação, empregando as faixas de teores nutricionais atualmente utilizadas no Brasil. No solo observou-se que a adubação nitrogenada diminuiu os valores do balanço [K, Ca, Mg | H+Al] e, consequentemente, o valor do pH do solo, enquanto a adubação potássica aumentou os valores do balanço [K | Ca, Mg] e, consequentemente, a concentração de K no solo. A dose de 0,55 kg de $K_2O$ $planta^{-1}$ $ciclo^{-1}$ foi suficiente para manter a concentração de K no solo acima de 1,6 $mmol_c$ $dm^{-3}$, na linha do pomar de goiabeiras. Os valores dos balanços estudados sofreram influência da época de coleta do solo.

**Palavras-Chave**: análise composicional, relações log isométricas (*ilr*), *Psidium guajava* L., nutrição mineral, balanço nutricional

# EFFECT OF NITROGEN AND POTASSIUM IN ORCHARD GUAVA

**ABSTRACT -** The response of guava plants to fertilization can be monitored by plant tissue analysis. The correct interpretation of these data, based on the standard contents, is of great importance for the culture correct nutritional management. However, the standard contents are constantly criticized for not considering the interactions between elements. This way, this study aimed to use the compositional analysis with the aid of ilr coordinates, in order to assess the crop yield, soil cation balance and improve the nutritional diagnosis of guava 'Paluma', in response to doses of nitrogen and potassium in the orchard of guava 'Paluma' for five consecutive production cycles in commercial irrigated area in Vista Alegre do Alto - SP, for five consecutive cycles, from 2009 to 2012, noting the influence of fertilizer (urea and potassium chloride) and seasonality. In plants it was observed that nitrogen fertilization significantly altered the balance [N, P, S, | K, Ca, Mg], [N, P| S] medium, and [N | P], and potash fertilization significantly altered the balance [K | Ca, Mg] and [Ca | Mg]. We verified that the cultivation period and nitrogen fertilization influenced in 'Paluma' guava. The productivity of guava plants and its nutritional balance allowed the definition of nutritional bands as well as its validation by utilizing the nutritional bands content currently used in Brazil. In soil it was observed that nitrogen fertilization decreased balance values [K, Ca, Mg | H+Al] and consequently the soil pH value, potassium fertilization increase balance values [K | Ca, Mg] and, consequently, soil K content. The 0.55 kg $K_2O$ $plant^{-1}$ $cycle^{-1}$ rate was sufficient to maintain the soil K content over 1.6 $mmol_c$ $dm^{-3}$, at guava plants roll. The values of studied balance suffered influences of soil sample period.

**Keywords**: compositional analysis, isometric log ratio (ilr), *Psidium guajava* L., mineral nutrition, nutritional balance

# CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

## 1.1 INTRODUÇÃO

A fruticultura brasileira esta crescendo no mercado nacional e internacional, colocando o Brasil como um dos maiores produtores mundiais de frutas, proporcionando inúmeras oportunidades de negócio para os agricultores.

O aumento no consumo de frutas de mesa e de sucos naturais é uma tendência mundial, dada a crescente preocupação com a saúde e a estética (NATALE, 2009). Dentre as frutas tropicais a goiaba ocupa lugar de destaque, sendo o Brasil maior produtor mundial de goiaba do tipo vermelha (IEA, 2005).

A goiaba é a mais brasileira das frutas tropicais e é apreciada pelo seu aroma e sabor característicos, além do alto valor alimentício, sendo uma das frutas mais consumidas no Brasil (NATALE; ROZANE; PRADO, 2012).

A goiabeira é encontrada em todos os estados do Brasil, ocupando uma área de 15.375 hectares, com produção de 316.363 toneladas, com rendimento médio de 20.576 kg $ha^{-1}$, no ano de 2010. A produção nacional de goiabas não apresenta grande participação no cenário agrícola brasileiro, e apesar de gerar cerca de 225 milhões de reais, uma grande quantia em dinheiro, a goiaba representa apenas 1,1% da produção brasileira de frutas (IBGE, 2010). Apesar da pequena contribuição percentual, o cultivo da goiabeira apresenta importante papel socioeconômico. O cultivo dessa frutífera tem altos custos de implantação e condução, necessitando de grande quantidade de mão de obra. Mesmo com elevados custos de produção, Rozane (2011) explica que é graças à produtividade de cultivares, como a Paluma, que a remuneração ao produtor é satisfatória.

A cultivar Paluma é a preferida pelos fruticultores nacionais por apresentar dupla finalidade: para consumo *in natura* e para a industrialização (NATALE; ROZANE; PRADO, 2012). Outro fator de suma importância é sua capacidade para alcançar altas produtividades (NATALE; PRADO, 2006; PEREIRA; NACHTIGAL, 2009).

Como toda frutífera, a goiaba é uma planta de alta demanda de nutrientes. Assim, para a obtenção de alta produtividade, qualidade e com maior longevidade do pomar, devem-se realizar práticas corretivas do solo, como calagem e adubação (IEA, 2013). A produção média dos pomares de goiabeira é considerada baixa, mas as cultivares de alto potencial produtivo, como a 'Paluma', apresentam potencial de produção de até 93 t de frutos $ha^{-1}$ $ano^{-1}$ (ROZANE, 2011). Entretanto, devido à carência de informações acerca da nutrição, adubação e calagem, que são de grande importância para o manejo adequado de nutrientes no solo, os pomares não têm apresentado boas produções.

Para o correto atendimento das exigências nutricionais das plantas, visando a altas produtividades, é indispensável o uso da análise de solo e de tecido vegetal. Essas duas ferramentas podem monitorar as condições em que o solo e a planta se encontram. A correta interpretação das análises é de suma importância para a tomada de decisão mais adequada e, dessa forma, é possível estabelecer programas racionais de adubação e calagem.

Os métodos empregados para a interpretação da análise de solo e de tecido vegetal são definidos por padrões de teores de nutrientes. No entanto, esses métodos são constantemente criticados por não considerarem as interações que ocorrem entre os elementos e por gerarem tendências numéricas decorrentes da redundância dos dados, da dependência de escala e da distribuição não normal (HERNANDES et al., 2012).

As técnicas de análise composicional de dados podem controlar esses dados tendenciosos, equilibrando os grupos de nutrientes (HERNANDES et al., 2012). A utilização do conceito da transformação da relação log-isométrica (*ilr*), proposta por Egozcue et al. (2003), evita as distorções que ocorrem nas interpretações das análises de solo e de tecido vegetal. Esse conceito tem sido muito bem utilizado em nutrição de plantas (PARENT, 2011; HERNANDES et al., 2012; PARENT et al., 2012a) e em estudos de agregação de solo (PARENT et al., 2012b).

## 1.2. IMPORTÂNCIA DA FRUTICULTURA

A fruticultura brasileira contempla o cultivo de várias espécies, alcança dia a dia maior expressão na agricultura nacional e conta com amplas possibilidades de expansão, pois o País dispõe de extensas áreas com condições de clima favoráveis tanto para o desenvolvimento de fruteiras de clima temperado como tropical.

O cultivo de plantas frutíferas caracteriza-se por apresentar aspectos importantes no contexto socioeconômico de um país, tais como: fonte de alimentação, que também é uma questão de segurança nacional (ALMEIDA, 2008); utilização intensiva de mão de obra e possibilita um grande rendimento por área (FACHINELLO; NACHTIGAL, 2013), sendo responsável pela geração de 5,6 milhões de empregos diretos, o equivalente a 27% do total da mão de obra agrícola do País (BUAINAIN; BATALHA, 2007), sendo por isso uma ótima alternativa para pequenas propriedades rurais (FACHINELLO; NACHTIGAL, 2013) e ainda uma forma viável de fixar o homem no meio rural.

O setor de fruticultura está entre os principais geradores de renda, emprego e de desenvolvimento rural do agronegócio nacional. A atividade frutícola possui elevado efeito multiplicador de renda e, portanto, com força suficiente para dinamizar economias locais estagnadas e com poucas alternativas de desenvolvimento (BUAINAIN; BATALHA, 2007). Para tanto, é necessário o incentivo e o estabelecimento de parcerias com os setores de produção e comercialização, envolvendo empresas públicas e privadas para que os fruticultores possam produzir para o mercado interno, buscar novos mercados e aproveitar os excedentes nas agroindústrias (FACHINELLO; NACHTIGAL, 2013).

De acordo com Almeida (2008), o mercado interno é, e continuará sendo, o principal destino da produção nacional de frutas, o que é natural se for considerada a demanda da população brasileira, em que pese o consumo *per capita* ainda ser muito baixo.

Para os próximos anos, as perspectivas para o setor, tendo em vista os mercados nacional e internacional, são favoráveis, considerando que o Brasil

continua sendo um dos poucos países que poderão suprir o crescimento da demanda internacional de frutas frescas e de seus derivados. Acredita-se que, tanto pelas ações governamentais quanto pelas ações da iniciativa privada, voltadas ao fortalecimento da fruticultura, as perspectivas otimistas vão concretizar-se (ALMEIDA, 2008).

De acordo com IBRAF (2012), o desempenho brasileiro em 2012, em termos de balança comercial, obteve um saldo positivo de US$ 152 milhões, que é 9,3% superior ao obtido em 2011, e acima do saldo do Agronegócio Brasileiro, que foi de 0,9%.

O País ainda está dando os primeiros passos para tornar-se um grande exportador de frutas e derivados, tendo um longo caminho a percorrer para ocupar uma importante posição no mercado internacional, porém o potencial de crescimento do Brasil no mercado externo de frutas é muito grande (ALMEIDA, 2008). Pela diversidade de climas e solos, o País apresenta condições ecológicas para produzir frutas de ótima qualidade e com uma variedade de espécies que passam pelas frutas tropicais, subtropicais e temperadas (FACHINELLO; NACHTIGAL, 2013).

Um aspecto importante da competitividade do sistema frutícola brasileiro como um todo é sua capacidade de aproveitar janelas de oportunidade. Em virtude dos períodos de safra diferentes daqueles do Hemisfério Norte, em determinadas épocas do ano, a produção nacional consegue inserir-se com menor concorrência, obtendo melhores preços pelos seus produtos. Contudo, além de precisar preparar-se para oferecer ao mercado as variedades consumidas e enfrentar as barreiras tarifárias e não tarifárias, a produção brasileira deve aprimorar suas estruturas de apoio, com destaque para os sistemas logísticos e sanitários (JESUS JÚNIOR et al., 2013).

Não obstante as convergências observadas, o setor de fruticultura é formado por um conjunto bastante heterogêneo. Só no Brasil, são produzidos mais de 300 tipos de frutas, desde as mais populares até aquelas consideradas exóticas. Mesmo entre as mais conhecidas dos consumidores, existem diferenças importantes. Para mencionar apenas as três mais consumidas no mundo – banana, maçã e uva –, uma é fruta de clima tipicamente tropical, a outra de clima tipicamente temperado e a

última vem sendo produzida com sucesso em ambos os climas (JESUS JÚNIOR et al., 2013).

Além disso, a produtividade brasileira é baixa quando comparada à de países nos quais a atividade tem tradição. Dentre os vários fatores que contribuem para esse quadro, pode-se salientar o mau uso das técnicas de manejo do solo, da planta e do ambiente (NATALE; PRADO, 2006).

O aspecto nutricional é particularmente importante para os frutos, dada a influência que os elementos minerais exercem sobre sua qualidade, requisito imprescindível à exportação. O consumo de frutas *in natura* e de seus sucos naturais é uma tendência mundial, que pode ser aproveitada como incentivo para uma produção com qualidade (NATALE, 2009).

A adubação de árvores frutíferas deve considerar, ainda, a dificuldade em se aliar a produtividade à qualidade do produto colhido, visto que o aspecto nutricional pode afetar características importantes do fruto, como cor, sabor, tamanho, dentre outras (MALAVOLTA, 1994).

Um dos principais objetivos da pesquisa agronômica é conciliar os interesses da produtividade sem agredir o ambiente. Assim, doses, épocas e modos de aplicação dos corretivos e adubos devem ser mais bem estudados, tomando por base vários aspectos, como a fertilidade do solo, as reais necessidades da planta e a cinética de absorção dos elementos (TAGLIAVINI et al., 1996).

Para o Brasil atingir o status de grande produtor e exportador de frutas e derivados, será necessário que o País consiga transpassar todos os empecilhos burocráticos nacionais e internacionais, através de parcerias com o governo e com a iniciativa privada. Além disso, deve contar com o auxílio da pesquisa científica para maximizar a quantidade e a qualidade das colheitas, a fim de tornar os produtos mais rentáveis e competitivos no cenário internacional.

## 1.3. ASPECTOS GERAIS DA GOIABEIRA

A goiabeira, *Psidium guajava L,* pertence à família das *Myrtaceae* e é originária da América Tropical. Sua capacidade de dispersão e a rápida adaptação a diferentes ambientes possibilitaram a presença dessa frutífera em amplas áreas tropicais e subtropicais do globo, sendo até mesmo considerada uma praga em algumas regiões (MENZEL, 1985).

Essa fruta é apreciada pelo seu aroma e sabor característicos, além do alto valor alimentício, sendo uma das frutas mais consumidas no Brasil (NATALE et al., 2007). Atualmente, essa espécie encontra-se mundialmente distribuída, dada sua habilidade de adaptação a diferentes condições climáticas (KOLLER, 1979; GONZAGA NETO, 2001).

De acordo com IBRAF (2012), no ano de 2009, a produção brasileira de goiaba ocupou uma área de 15.048 ha, com uma produção de 297.377 t de frutos. O Instituto de Economia Agrícola (IEA, 2013) o Estado de São Paulo, no ano de 2012, foi responsável pela produção de 133.971 toneladas de goiabas. Desses frutos, 11.894 t foram de goiaba branca, destinada à mesa; 40.849 t de goiaba vermelha, destinada à mesa, e 81.228 t destinadas à indústria de processadora de goiaba.

Do montante da produção Paulista de goiabas, mais de 55% são provenientes da cultivar Paluma (IEA, 2013). Essa cultivar tem sido adotada pelos fruticultores por apresentar elevada produtividade e adaptabilidade a diferentes tipos de manejo, e por ser uma cultivar de dupla aptidão, podendo ser destinada à indústria e/ou ao consumo *in natura*.

O manejo do pomar empregando podas e irrigação tem sido adotado com sucesso pelos fruticultores por proporcionar safras curtas, de cerca de 8 meses, possibilitando escalonar e planejar sua produção durante o ano, obtendo frutas em períodos de baixa oferta de goiabas. No caso da cultivar Paluma, cuja grande produção é quase totalmente destinada para a agroindústria, o uso desse sistema de manejo tem sido vantajoso, tanto para o produtor como para a indústria processadora, por ampliar o período de oferta de matéria-prima, diminuindo os

períodos de excesso ou escassez de frutos, que são as principais causas das grandes variações de preço durante o ano.

Apesar da adoção de novos manejos, a produção média dos pomares do Estado de São Paulo é muito baixa, pois no ano de 2012, a produtividade média das goiabeiras foi de 28,8 t $ha^{-1}$ (IEA, 2013). Em ambientes agrícolas, quando um novo sistema é adotado, recomendações e manejos da cultura devem ser ajustados e/ou modificados para o sucesso do empreendimento agrícola. O manejo nutricional com o adequado fornecimento de nutrientes é um dos fatores indispensáveis para o sucesso produtivo de uma lavoura.

Natale et al. (1996a) relataram que a carência de informações acerca da nutrição, adubação e calagem da cultura ocasiona baixa produtividade, dentre outros fatores. Dessa forma, a geração de conhecimento científico continua tendo papel fundamental em dar suporte para que a goiabicicultura continue a prosperar.

## 1.4. NUTRIÇÃO MINERAL DA GOIABEIRA

A produtividade e a qualidade dos frutos de um pomar resultam da interação de vários fatores, destacando-se o potencial genético e o ambiente em relação ao manejo do solo, dos nutrientes e o balanço de água (NATALE, 2003).

Um dos fatores determinantes do aumento de produtividade das culturas é o atendimento das exigências nutricionais dos vegetais (NATALE, 2009); assim, a máxima produção e a qualidade ótima do fruto são alcançadas quando o *status* nutricional da planta é ideal. Sob muitas situações agrícolas, essa condição é satisfeita pelo suprimento anual de fertilizantes (NATALE, 2003).

As plantas necessitam de elementos essenciais para o adequado crescimento e desenvolvimento, como carbono (C), hidrogênio (H) e oxigênio (O). Esses nutrientes são provenientes da água e do ar, sendo responsáveis por aproximadamente 95% da massa de matéria seca das plantas. Além disso, os vegetais necessitam, também, de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e

micronutrientes (B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn), e ainda podem contar com o auxílio de alguns elementos benéficos (Ni, Si, Co) (TAIZ; ZEIGER, 2004).

O balanço de nutrientes minerais afeta tanto a qualidade do fruto como sua possibilidade de armazenamento pós-colheita. Os efeitos na qualidade do fruto são devidos à quantidade e ao equilíbrio de nutrientes no mesmo, tendo ainda um efeito indireto sobre o crescimento vegetativo do ano seguinte (CRISOSTO et al., 1994).

O conhecimento dos fatores limitantes à produção de goiabas permite a adoção de programas de calagem e adubação mais adequados, visando à melhoria do estado nutricional e, consequentemente, da produtividade, com benefícios em toda a cadeia agrícola (NATALE, 2009).

Apesar da importância da cultura da goiaba, a pesquisa em torno da nutrição mineral dessa frutífera é baixa. A goiabeira é uma planta considerada rústica (NAKAGUAWA, 1988), tolerante à acidez (GUERREIRO, 1991) e pouco exigente em termos de fertilidade de solo (PEREIRA; MARTINEZ JÚNIOR, 1986; QUEIROZ et al., 1986).

A nutrição mineral é um dos aspectos mais importantes para as fruteiras, e de acordo com Natale (1999), as exigências nutricionais da goiabeira são relativamente elevadas, o que, devido a pobreza dos solos onde são cultivadas torna obrigatória a aplicação de a quase totalidade dos elementos minerais essenciais ao pleno desenvolvimento da planta.

O manejo dos fertilizantes em frutíferas tropicais deve levar em consideração a necessidade da cultura, a disponibilidade de nutrientes no solo, o modo e o custo de distribuição do fertilizante no campo, o parcelamento em função das fases de desenvolvimento da planta, e a preservação do meio ambiente (PAPADOPOULOS, 2001; LOPEZ, 2001).

### 1.4.1. Nitrogênio e potássio

O nitrogênio (N) é frequentemente o fator mais limitante em produções agrícolas. A utilização desse nutriente resulta em elevadas produtividades de biomassa, teor de proteína, e o teor no tecido vegetal normalmente aumenta (FAGERIA, 2001). O N é encontrado em muitos compostos orgânicos, destacando-se os aminoácidos e os ácidos nucleicos. As plantas requerem elevadas quantidades de N, e sua disponibilidade geralmente limita a produtividade (EPSTEIN; BLOOM, 2006), pois esse macronutriente participa praticamente de todas as funções nos vegetais (MALAVOLTA; MORAES, 2007).

O potássio (K) não é um constituinte integral de qualquer metabólito vegetal, sendo que suas altas concentrações vacuolares o tornam o maior agente osmótico catiônico celular. Entre suas funções na planta, destacam-se a ativação de diversas enzimas, a participação no transporte através da membrana, a neutralização de ânions e a manutenção do potencial osmótico (EPSTEIN; BLOOM, 2006). A deficiência de potássio normalmente reduz o tamanho dos internódios, a dominância apical e o crescimento das plantas, retarda a frutificação e origina frutos de menor tamanho e com menor intensidade de cor (ERNANI; ALMEIDA; SANTOS, 2007).

O nitrogênio e o potássio são os dois nutrientes minerais absorvidos em maiores quantidades em quase todos os vegetais, apresentando interação entre eles, a qual normalmente é do tipo não competitiva. A absorção de um elemento eleva, em geral, a demanda pelo outro. O estímulo do crescimento promovido pela adição de nitrogênio pode acarretar em deficiência de potássio por efeito de diluição, e vice-versa. O suprimento balanceado de nitrogênio e de potássio, frequentemente, aumenta a resposta a ambos, mas a não adição de um deles em solos deficientes pode levar a decréscimos na resposta ao outro, tanto em produção, quanto em acúmulo do nutriente (CANTARELLA, 2007).

A aplicação de nitrogênio em quantidade suficiente, que aumente a produção, passa a ser limitada pela insuficiência de K aplicado. Assim, as maiores doses de nitrogênio somente promoverão aumentos de produção se acompanhadas de altas doses de potássio, como evidenciado em milho por Resende et al. (1997).

Ide e Martelleto (1997) conduziram um experimento com goiabeira ‘Paluma’ na estação experimental de Macaé, no Estado do Rio de Janeiro, com doses de nitrogênio (0; 150 e 300 g planta$^{-1}$) e potássio (0; 225 e 450 g planta$^{-1}$), e observaram que durante a primeira produção, quando as plantas apresentavam 20 meses de idade, a aplicação de N promoveu aumento linear do número de frutos por planta, sem afetar a massa média dos frutos. As doses de potássio e a interação N x K não apresentaram efeito significativo.

Maciel et al. (2007), no Estado de Pernambuco, realizaram experimento com a cultivar Paluma, com diferentes níveis de lâmina d´água e doses de nitrogênio (50; 100; 150 e 200 kg ha$^{-1}$), e observaram efeito positivo à aplicação de N via fertirrigação, obtendo produtividade máxima de 43,5 t ha$^{-1}$, utilizando a maior dose testada.

Na Índia, diversos experimentos foram realizados a fim de ajustar a melhor dose de adubo nitrogenado e potássico para a goiabeira, contudo Singh e Singh (2007) notaram que os resultados encontrados para as cultivares Allahabad, Safeda e Sardar apresentaram divergências, variando de 120 a 1.000 g de N planta$^{-1}$ e de 120 a 1.000 g de K planta$^{-1}$. A razão da ampla variação nos resultados não foi justificada, porém os autores ressaltam que fatores como solo, idade das plantas e crescimento das culturas podem ser associados a essa variabilidade, sendo que as faixas de 500-600 g de N planta$^{-1}$ e 300-400 g de K planta$^{-1}$ são as mais indicadas para o cultivo dessas variedades nas condições indianas.

Um experimento realizado em campo por Natale et al. (1994), em Jaboticabal - SP, com a cultivar Rica, durante três anos consecutivos, avaliou o efeito de doses de nitrogênio (0; 30; 60; 120; 180 e 240 g planta$^{-1}$). Para o segundo e terceiro anos de avaliação, foram utilizados o dobro e o triplo das doses, respectivamente. Os resultados evidenciaram aumentos da produção de frutos em função das doses de nitrogênio aplicadas, durante os três anos de ensaio.

Natale et al. (1996a), trabalhando com a mesma cultivar, no mesmo município, conduziram um ensaio para avaliar o efeito da adubação potássica, usando as seguintes doses: 0; 30; 60; 120; 180 e 240 g de $K_2O$ planta$^{-1}$, durante 3 anos consecutivos. No segundo e no terceiro anos do ensaio, foram utilizados o dobro e o triplo das doses iniciais de $K_2O$, respectivamente. Os resultados

mostraram respostas positivas da produção, com o aumento da dose de potássio empregada, no terceiro ano de ensaio.

Em ensaio de campo com a cultivar Paluma, Natale et al. (1996b) acompanharam os efeitos da adubação potássica, durante três anos consecutivos, em um pomar com um ano de idade, no município de São Carlos – SP, em um Latossolo Vermelho-Amarelo. As doses de potássio utilizadas foram: 0; 30; 60; 120; 180; 240 e 300 g de $K_2O$ por planta. No segundo e no terceiro anos do ensaio, foram utilizados o dobro e o triplo das doses iniciais de $K_2O$, respectivamente. A produção de frutos aumentou com o incremento das doses de potássio no terceiro ano de ensaio.

Os efeitos da adubação nitrogenada na cultura da goiabeira foram avaliados por Natale et al. (1995), em um ensaio de campo, durante três anos, utilizando-se de plantas da cultivar Paluma com um ano de idade, instaladas num Latossolo Vermelho-Amarelo da região de São Carlos - SP. Os tratamentos constituíram-se, no primeiro ano, das seguintes doses de nitrogênio: 0; 30; 60; 120; 180; 240 e 300 gramas de N planta$^{-1}$. No segundo e no terceiro anos do ensaio, foram utilizados o dobro e o triplo das doses iniciais de N, respectivamente. Os resultados mostraram respostas positivas da produção apenas no terceiro ano do ensaio, com aumento linear, em função da dose de nitrogênio utilizada.

Souza (2009) utilizou o subproduto da indústria de processamento de goiabas, com o propósito de substituir parcialmente a adubação mineral, tendo em vista o relativamente elevado teor de nutrientes contidos neste resíduo (especialmente N), em um Argissolo Vermelho-Amarelo sob pomar de goiabeiras ‘Paluma’, utilizando doses do resíduo (moído) iguais a: zero; 9; 18; 27 e 36 t ha$^{-1}$ (peso seco). Foram feitas aplicações anuais do subproduto em 2006, 2007 e 2008. Os resultados mostraram efeito linear crescente para as doses do subproduto nas colheitas realizadas nos anos de 2008 e 2009.

Apesar da existência de trabalhos relacionados à adubação e à nutrição das goiabeiras, Natale (2009) enfatiza que não há padrões científicos, especialmente embasados em sistemas de cultivo comercial, que amparem condutas técnicas de diagnóstico do estado nutricional para a goiabeira, sendo este o desafio presente para a pesquisa.

## 1.5. ANÁLISE COMPOSICIONAL E COORDENADAS *ILR*

Em sistemas naturais, a suposição de *ceteris paribus,* em que todos os outros fatores permaneçam inalterados, apresenta suas restrições, uma vez que relações duplas ou múltiplas foram bem documentadas em estudos de nutrição de plantas (MALAVOLTA, 2006; FAGERIA, 2001).

Análise composicional de nutrientes não pode ser interpretada sem relacionar uns aos outros (TOLOSANA-DELGADO; BOOGART, 2011). Lagatu e Maume (1935) foram os primeiros a ilustrar o efeito da interação dos nutrientes em um sistema fechado num diagrama ternário, representado em um sistema de três componentes limitado a 1 ou 100%. Um espaço tão restrito é conhecido formalmente como um símplex (PAWLOWSKY-GLAHN; EGOZCUE, 2006).

Analistas de dados composicionais advertem que as estatísticas realizadas através de dados brutos de composição são inerentemente tendenciosas, devido à redundância de informação (a quantidade de um componente pode ser deduzida a partir da soma dos outros), à escala de dependência (por exemplo, base de massa volátil, seca ou molhada), e distribuições não normais (dados não dimensionados para variar livremente no espaço real ± ∞) (BACON-SHONE, 2011).

A análise de dados composicionais proposta por Aitchison (1982) tem sido fonte de muitas discussões, devido à enorme importância que essa metodologia tem tido na prática, apesar de que ainda existe certa relutância para o uso dessa nova abordagem (PAWLOWSKY-GLAHN; EGOZCUE, 2001).

Esta técnica, ocasionalmente, requer uma interpretação de resultados, em termos de razões e proporções logarítmicas, que são mais difíceis de interpretar do que vetores reais em análise estatística. A fim de simplificar a análise, os componentes podem ser ordenados de maneira a que eles possam ser agrupados em dois ou mais subconjuntos, que são de algum modo interpretáveis (EGOZCUE; PAWLOWSKI-GLAHN, 2005).

A análise subcomposicional destina-se a lidar com as partes dentro de um grupo e as relações com respeito a outros grupos ou partes (EGOZCUE;

PAWLOWSKI-GLAHN, 2005). O conceito de subcomposição foi estabelecido desde o início da análise composicional de dados. Para estudar tais relações entre subcomposições, Aitchison (2003) introduziu o conceito de fusão ou adição de várias partes à composição e ao conceito de partição, o qual é um conjunto mutuamente exclusivo de subcomposição. Uma vez que a partição é obtida, o comportamento das razões de fusões pode ser estudado (EGOZCUE; PAWLOWSKI-GLAHN, 2005).

A fim de evitar tendências numéricas em análises composicionais, Egozcue et al. (2003) desenvolveu a transformação da relação log-isométrica (*ilr*), baseada no princípio da ortogonalidade (*D*-1 graus de liberdade). De acordo com Egozcue e Pawlowski-Glahn (2011), as coordenadas *ilr* podem ser projetadas no espaço Euclidiano, uma estrutura geométrica que permite análises computacionais sem tendências numéricas. A transformação *ilr* é um caso especial de transformação log que preserva a informação original (PARENT et al., 2012a).

O método *ilr* é estabelecido em três passos: representação dos dados em coordenadas *ilr*; análise de variância das coordenadas como variáveis aleatórias reais; e, interpretação dos resultados em temos de balanço (EGOZCUE; PAWLOWSKI-GLAHN, 2011).

O conceito de balanço *ilr* mostrou-se uma técnica apropriada para os estudos de nutrição de plantas (PARENT; DAFIR, 1992; PARENT et al., 1997; PARENT, 2011; PARENT et al., 2012b; e HERNADEZ et al., 2012) e análise dos atributos químicos do solo (PARENT et al., 2011; PARENT et al., 2012a).

Através do exposto, este trabalho teve como objetivo utilizar a análise composicional, com o auxílio das coordenadas *ilr*, a fim de avaliar a resposta à doses de nitrogênio e potássio em pomar de goiabeiras ‘Paluma’, durante cinco ciclos produtivos consecutivos.

## REFERÊNCIAS


AITCHISON, J. The statistical analysis of compositional data (with discussion**). Journal ot the Royal Statistical Society,** v. 44, p. 139-177, 1982.

AITCHISON, J. **The statistical analysis of compositional data (reprint)**: Blackburn Press, Caldwell, NJ, 2003, 416 p.

ALMEIDA, C. O. **Fruticultura brasileira em análise**. 2008. Disponível em: http://www.portaldoagronegocio.com.br/conteudo.php?id=24830. Acesso em: 18 fev. 2013.

BACON-SHONE, J. Compositional data analysis: an historical review. In: Pawlowsky-GLAHN, V.; BUCCIANTI, A. **Compositional Data Analysis**: Theory and Application. 2011, p. 3-11.

BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M. O. **Cadeia produtiva de frutas**. Brasília: IICA/MAPA/SPA, 2007, v. 7, 102 p.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L., (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 375-470.

CRISOSTO, C. H.; JOHNSON, R. S.; LUZA, J. C.; CRISOSTO, G. M. Irrigation regimes affect fruit soluble solid content and the rate of water loss of O'Herry peaches. **HortScience,** Alexandria, USA, v. 29, p.1169-1171, 1994.

EGOZCUE, J. J.; PAWLOWSKY-GLAHN, V.; MATEU-FIGUERAS, G.; BARCELO-VIDAL, C. Isometric logratio transformations for compositional data analysis. **Mathematical Geology**, New York, v. 35, p. 279-300, 2003.

EGOZCUE, J. J.; PAWLOWSKY-GLAHN, V. Groups of parts and their balances in compositional data analysis. **Mathematical Geology**, New York, v.37, p. 795-828, 2005.

EGOZCUE, J. J.; PAWLOWSKY-GLAHN, V. Análisis composicional de datos en Ciencias Geoambientales. **Boletín Instituto Geológico y Minero**, Madrid, v. 122, p. 439-452, 2011.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas:** princípios e perspectivas. 2. ed. Londrina: Editora Planta, 2006. p. 169-236.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. Potássio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V.; V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.;

NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 551-594.

FACHINELLO, J. C.; NACHTIGAL, J. C. **Fruticultura**: fundamentos e práticas. Disponivel em: http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/download/livro/fruticultura_fundamentos_pratica/1.2.htm. Acesso em: 18 fev. 2013.

FAGERIA, V. D. Nutrient interactions in crop plants. **Journal of Plant Nutrition**, London, v. 24, n. 8, p. 1.269-1.290, 2001.

GONZAGA NETO, L. **Frutas do Brasil**: goiaba-produção: EMBRAPA, 2001. 72 p.

GUERRERO, R. La acidez del suelo - su naturaleza, sus implicaciones y su manejo. In: MOJICA, F. S., (Ed.) Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, plantas y águas para riego. Bogota: **Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo**, 1991. p. 141-163.

HERNANDES, A.; PARENT, S. E.; NATALE, W.; PARENT, L. E. Balancing guava nutrition with liming and fertilization. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 4, p. 1.224-1.234, 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal, Culturas temporárias e permanentes**. Rio de Janeiro, v. 37, p.1-91, 2010.

IBRAF. **Balanço das exportações de frutas em 2012**. Disponível em: http://www.portaldoagronegocio.com.br/conteudo.php?tit=balanco_das_exportacoes_de_frutas_em_2012&id=88322. Acesso em: 18 fev. 2013.

IDE, C. D.; MARTELLETO, L. A. P. Response of guava (Psidium guajava L.) 'Paluma' to three levels of nitrogeneous and potash fertlilization at first production. **Acta Horticulturae**. v. 452, p. 101-105, 1997.

IEA – Instituto de Economia Agrícola. **A cultura da goiaba em São Paulo**. 2005. Disponível em: http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=1902. Acesso em: 15 fev. 2013.

IEA – Instituto de economia Agrícola. **Estatística de Produção da Agropecuária Paulista 2013**. Disponível em: http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/subjetiva.aspx?cod_sis=1&idioma=1. Acesso em: 19 fev. 2013.

JESUS JÚNIOR, C. de; LUÍZA SIDONIO, L.; MORAES, V. E. G. **Fruticultura:** convergências e divergências. *BNDES Setorial* 32, p. 371-396. Disponível em:

http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set321010.pdf. Acesso em: 18 fev. 2013.

KOLLER, O. M. **Cultura da goiaba**. Porto Alegre: Agropecuária, 1979. 44 p.

LAGATU, H.; MAUME, L. The variations of the sum N + P205 + K20 per 100 parts of dry material of the leaf of a cultivated plant. **Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture de France**, Paris v. 21, p. 85-92, 1935.

LOPEZ, C. C. Fertirigação: Aplicação na horticultura. In: FOLEGATTI, M. V.; CASARINE, E.; BLANCO, F. F.; CAMPONEZ DO BRASIL, R. P.; RESENDE, R. S. (Eds.). **Fertirrigação**: flores, frutas e hortaliças. Guaíba: Agropecuária, cap.8, p.269-288, 2001.

MACIEL, J. L.; DANTAS NETO, J.; FERNANDES, P. D. Resposta da goiabeira à lâmina de água e à adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** Capina Grande, v.11, n.6, p.571–577, 2007.

MALAVOLTA, E. Importância da adubação na qualidade dos produtos/função dos nutrientes na planta. In: SIMPÓSIO SOBRE ADUBAÇÃO E QUALIDADE DOS PRODUTOS AGRÍCOLAS, 1, 1989, Ilha Solteira - SP. **Anais...** São Paulo: Ícone, 1994. p. 19-51.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Ceres, 2006. 638p.

MALAVOLTA, E.; MORAES, M. F. Fundamentos do nitrogênio e do enxofre na nutrição mineral das plantas cultivadas. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S.; VITTI, G. C. (Ed.). **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2007. p. 189-249.

MENZEL, C.M. Guava: an exotic fruit with potential in Queensland. **Queensland Agricultural Journal**, Brisbane, v. 3, p. 93-98, 1985.

NAKAGUAWA, J. Problemas, respostas e perspectivas com micronutrientes na fruticultura brasileira. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1988, Jaboticabal, SP. **Anais...** Jaboticabal, UNESP/IAC/ANDA/POTAFOS, v. 2, 1988. p. 781- 785 (versão preliminar).

NATALE, W. Diagnose da nutrição nitrogenada e potássica em duas cultivares de goiabeira (Psidium guajava L.), durante três anos. Piracicaba, 1993. 150p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

NATALE, W.; COUTINHO, E. L. M.; BOARETTO, A. E.; PEREIRA, F. M. La fertilisation azotée du goyavier. **Fruits**, Paris, v. 49, n. 3, p. 205-210, 1994.

NATALE, W.; COUTINHO, E. L. M.; PEREIRA, F. M.; BOARETTO, A. E.; OIOLI, A. A. P.; SALES, L. Adubação nitrogenada na cultura da goiabeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 17, n. 2, p. 7-15, 1995.

NATALE, W.; COUTINHO, E. L. M.; BOARETTO, A. E.; PEREIRA, F. M. **Goiabeira:** calagem e adubação. Jaboticabal: FUNEP, 1996a. 22 p.

NATALE, W.; COUTINHO, E. L. M.; BOARETTO, A. E.; PEREIRA, F. M.; OIOLI, A. A. P.; SALES, L. Nutrição e adubação potássica na cultura da goiabeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 20, p. 247-250, 1996b.

NATALE, W. **Resposta da goiabeira à adubação fosfatada. Jaboticabal**, 1999. 132p. Tese de Livre-Docência. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Campus Jaboticabal, 1999.

NATALE, W. Adubação, nutrição e calagem na goiabeira. In: ROZANE, D. E.; COUTO, F. A. A. (Eds.). **Cultura da goiabeira:** tecnologia e mercado. 1. ed. Visconde do Rio Branco: Suprema Gráfica e Editora 2003.

NATALE, W.; PRADO, R. M. Contribuições da pesquisa sobre nutrição, calagem e adubação em frutíferas para alta produção. 2006. Disponível em: http://www.todafruta.com.br/portal/icNoticiaAberta.asp?idNoticia=13885. Acesso em: 18 fev. 2013.

NATALE, W.; PRADO, R. M.; QUAGGIO, J. A.; MATTOS JÚNIOR, D. Guava. In: CRISÒSTOMO, L. A.; NAUMOV, A.; JOHNSTON, A. E. (Org). **Fertilizing for high yield and quality tropical fruits of Brazil.** 1. ed. Horgen/Switzerland: International Potash Institute, 2007. v. 1, p. 103-122.

NATALE, W. Adubação, nutrição e calagem da goiabeira. In: NATALE et al. (Ed). **Cultura da goiaba:** do plantio à comercialização: Jaboticabal: FUNEP, 2009, p. 357-380.

NATALE, W.; ROZANE, D. E.; PRADO, M. P. Diagnose foliar nas culturas da goiaba e carambola. In: PRADO, R. M. (Ed.). **Nutrição de plantas**: diagnose foliar em frutíferas. Jaboticabal: FCAV/CAPES/FAPESP/CNPq, 2012, cap. 15, 411-441.

PAPADOPOULOS, I. Tendências da fertirrigação: processos de transição na fertilização convencional para a fertirrigação. In: FOLEGATTI, M. V.; CASARINE, E.; BLANCO, F. F.; CAMPONEZ DO BRASIL, R. P.; RESENDE, R. S. (coords). **Fertirrigação**: Flores, frutas e hortaliças. Guaíba: Agropecuária, cap.1, p.9-59, 2001.

PARENT, L. E.; DAFIR, M. A. A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 117, p. 239-242, 1992.

PARENT, L. E.; CISSÉ, S.; TREMBLAY, N.; BÉLAIR, G. Row-centred log ratios as nutrient indexes for saturated extracts of organic soils. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 77, p.571-578, 1997.

PARENT, L. E. Diagnosis of the nutrient compositional space of fruit crops. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, p. 321-334, 2011.

PARENT, L.E.; KARAM, A.; PARENT, L.E.; Compositional modeling of C mineralization os organic materials in soils. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF AGRICULTURAL WASTE MANAGEMENT, 2., Foz do Iguaçu, 2011. **Proceedings…** Foz do Iguaçu, Brazil, 2011.

PARENT , L. E.; PARENT, S. E.; ROZANE, D. E.; AMORIM, D. A.; HERNANDES , A. & NATALE, W. Unbiased approach to diagnose the nutrient status of red guava (*Psidium guajava*). **Acta Horticicultural**, 959:145-159, 2012a.

PARENT, L. E.; ALMEIDA, C. X.; HERNANDES, A.; EGOZCUE, J. J.; GULSER, C.; BOLINDER, M. A.; KATTERER, T.; ANDRÉN, O. PARENT, S. E.; ANCTIL, F. CENTURION, J. F.; NATALE, W. Compositional analysis for a unbiased measure of soil aggregation. **Geoderma.** v. 179-180, p. 123 - 131, 2012b.

PAWLOWSKY-GLAHN, V.; EGOZCUE J. J. Geometric approach to statistical analysis on the simplex. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**, Serra, v. 15, p. 384–398, 2001.

PAWLOWSKY-GLAHN, V.; EGOZCUE, J. J. Análisis de datos composicionales con el coda-dendrograma. In: SICILIA-RODRÍGUEZ, J.; GONZÁLEZ-MARTÍN, C.; GONZÁLEZ- SIERRA, M. A.; ALCAIDE, D. (Eds.), Congreso de la Sociedad de Estadística e Investigación Operativa, 29., 2006. **Actas...** Sociedad de Estadística e Investigación Operativa, Tenerife (ES), CD-ROM, 2006, p. 39-40.

PEREIRA, F. M.; MARTINEZ JR., M. **Goiabas para industrialização**. Jaboticabal: Legis Summa, 1986. 142 p.

PEREIRA, F. M.; NACHTIGAL, J. C. Melhoramento genético da goiabeira. In: NATALE, W.; ROZANE, D. E.; SOUZA, H. A. de.; AMORIM, D. A. de. **Cultura da goiaba**: do plantio à comercialização. Piracicaba: Livroceres, 2009. v. 2, p. 371-398.

QUEIROZ, E. F.; KLIEMANN, H. J.; VIEIRA, A.; RODRIGUEZ, A. P. M.; GUILHERME, M. R. Nutrição mineral e adubação da goiabeira (*Psidium guajava* L.).

In: HAAG, H. P., (Ed.). **Nutrição mineral e adubação de frutíferas tropicais**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. p. 164-187.

RESENDE G. M.; SILVA G. L.; PAIVA L. E.; DIAS P. F.; CARVALHO J. G. Resposta do milho (*Zea mays* L.) a doses de nitrogênio e potássio em solo da região de Lavras-MG. II. Macronutrientes na parte aérea. **Ciência e Agrotecnologia,** Lavras, v. 21, p. 477-483, 1997.

ROZANE, D. E. **Goiaba tem nova matriz de custo de produção**. Agrianual (São Paulo), p. 302 - 308, 2011.

SINGH, H. P.; SINGH, G. Nutrient and water management in guava. Proc. I$^{st}$ IS on Guava. **Acta Horticulture** 735, ISHS 2007.

SOUZA, H. A. de. **Viabilidade de adubação da goiabeira 'Paluma' utilizando subproduto residual da indústria processadora de frutos da própria cultura**. 2009. 57f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

TAGLIAVINI, M.; SCUDELLARI, B; MARANGONI, D.; TOSELLI, M. Nitrogen fertilization management in orchards to reconcile productivity and environmental aspects. **Fertilizer Research**, Dordrecht, v. 43, n. 1-2, p. 93-102, 1996.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre, 2004.

TOLOSANA-DELGADO, R. van den; BOOGART, K. G. Linear models with compositions in R. In: PAWLOWSKY-GLAHN, V.; BUCCIANTI, A. (Eds.) **Compositional data analysis**: theory and applications. New York: John Wiley and Sons, 2011. p. 356-371.

# CAPÍTULO 2 - ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA EM POMAR DE GOIABEIRAS, AVALIADAS DURANTE CINCO CICLOS: I - EFEITOS NA PLANTA E NA PRODUTIVIDADE

**RESUMO -** A resposta da goiabeira à adubação pode ser monitorada por análise de tecido vegetal. A correta interpretação desses dados, com base nos teores-padrão, é de grande importância para o correto manejo nutricional da cultura. No entanto, os teores-padrão são constantemente criticados por não considerarem as interações que ocorrem entre os elementos.

Dessa forma, com o objetivo de melhorar o diagnóstico nutricional da goiabeira 'Paluma', conduziu-se um experimento empregando adubação nitrogenada e potássica, em área comercial irrigada, no município de Vista Alegre do Alto – SP, durante cinco ciclos consecutivos, de 2009 a 2012, observando a influência do dos fertilizantes (ureia e cloreto de potássico) e da sazonalidade na produtividade e no estado nutricional, utilizando o conceito das relações log isométricas (*ilr)*.

A adubação nitrogenada alterou significativamente os balanços [N, P, S, | K, Ca, Mg], [N, P| S] médio e [N | P], e a adubação potássica modificou significativamente os balanços [K | Ca, Mg] e [Ca | Mg] médio. Verificou-se que o período de cultivo e a adubação nitrogenada influenciaram na produtividade da goiabeira 'Paluma'. A produtividade das goiabeiras e seu balanço nutricional permitiram a definição de faixas de balanço nutricional, bem como sua validação, empregando as faixas de teores nutricionais atualmente utilizadas no Brasil.

**Palavras-Chave:** relações log isométrica (*ilr*), nutrição mineral, balanço nutricional, *Psidium guajava* L., análise composicional

# CHAPTER 2 - NITROGEN AND POTASSIUM IN ORCHARD GUAVA, EVALUATED DURING FIVE CYCLES: I - EFFECTS ON PLANT AND PRODUCTION

**ABSTRACT -** The response of guava plants to fertilization can be monitored by plant tissue analysis. The correct interpretation of these data, based on the standard contents, is of great importance for the culture correct nutritional management. However, the standard contents are constantly criticized for not considering the interactions between elements. This way, in order to improve the nutritional diagnosis of 'Paluma' guava, an experiment was conducted using nitrogen and potassium fertilization in irrigated commercial area, at the Vista Alegre do Alto county, Sao Paulo State, Brazil, for five consecutive cycles, 2009 to 2012, noting the influence of fertilizers (urea and potassium chloride), seasonality and nutritional status, using the concept of isometric log ratio (*ilr*). Nitrogen fertilization significantly alter the balance [N, P, S | K, Ca, Mg], [N, P | S] medium and [N | P], and potassium fertilization significantly alter the balance [K | Ca, Mg] and [Ca | Mg] medium. It was observed that the period of cultivation and fertilization influenced the productivity of 'Paluma' guava. The productivity of guava and its nutritional balance allowed the definition of nutritional bands balance as well as its validation by utilizing the nutritional bands content currently used in Brazil.

**Keywords:** isometric log ratio (*ilr*), mineral nutrition, nutritional balance, *Psidium guajava* L., compositional analysis

## 2.1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de goiaba-vermelha, uma fruta nativa da América do Sul e América Central. A goiabeira (*Psidium guajava* L.) 'Paluma' é a mais cultivada no Brasil, por produzir frutos que têm boa aceitação para o consumo *in natura* e para o processamento industrial. No Estado de São Paulo, em 2012, essa cultivar representou 91% da goiaba enviada à indústria, com total de cerca de 74 mil toneladas de frutos, sendo que 70% desse total foi produzido apenas na região de Jaboticabal (IEA, 2013), ocupando uma área aproximada de 1.500 hectares, considerando-se o espaçamento de 7x5 metros.

A goiabeira é uma frutífera altamente responsiva à adubação (ARORA; SINGH, 1970; NATALE et al., 1994; NATALE et al., 2002; ANJANEYULU; RAGHUPATHI, 2009). Dentre as ferramentas utilizadas para dar suporte ao manejo nutricional, têm-se a análise de tecido e a análise de solo, sendo a análise foliar a ferramenta mais confiável para avaliar o estado nutricional de plantas perenes, com base em métodos de amostragem adequados e interpretação correta dos dados analíticos (BOULD et al., 1960), já que essas plantas têm acesso a nutrientes a profundidades maiores do que seria possível determinar através de procedimento padrão de análise de solo, comumente realizado até a camada de 40 cm do solo.

Na avaliação do estado nutricional de plantas, os teores-padrão de nutrientes são constantemente criticados por não considerarem as interações entre os elementos (BATES, 1971), uma vez que essa interação ocorre, tem sido bem documentada em plantas (MALAVOLTA, 2006; FAGERIA, 2001). Lagatu e Maume (1935) foram os primeiros a ilustrar os efeitos da alteração das proporções de nutrientes, devido às interações entre eles. Dados de tecido vegetal transmitem informação relativa, sendo intrinsecamente multivariados, uma vez que cada componente não pode ser interpretado isoladamente sem relacioná-lo aos demais componentes (TOLONASA-DELGADO; VAN DEN BOOGART, 2011). Assim, para os dados composicionais, como de nutrientes do tecido vegetal, devem-se utilizar ferramentas que permitam analisar as interações entre os componentes, para a melhor compreensão do estado nutricional das plantas.

Egozcue e Pawlowski-Glahn (2005) propuseram o uso de relações log isométrica (*ilr)*, para a análise de dados composicionais. O método *ilr* é uma abordagem imparcial e não tendenciosa que permite estudar a relação entre os nutrientes (PARENT et al., 2012). O método *ilr* é constituido de três etapas: a representação dos dados em coordenadas *ilr*; a análise de variância das coordenadas como variáveis reais aleatórias; e, a interpretação dos resultados em termos de balanços (EGOZCUE; PAWLOWSKI-GLAHN, 2011). Esse conceito foi utilizado com sucesso em estudos de nutrição de plantas (PARENT, 2011; HERNANDES et al., 2012 ) e de agregação do solo (PARENT et al., 2012).

Com o objetivo de melhorar o diagnóstico nutricional da goiabeira, conduziu-se um experimento empregando adubação nitrogenada e potássica, em área comercial irrigada, no município de Vista Alegre do Alto, Estado de São Paulo, durante cinco ciclos consecutivos, observando a influência dos fertilizantes e do clima, utilizando o conceito *ilr*.

## 2.2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em pomar irrigado (por microaspersão), de goiabeiras ‘Paluma’, com sete anos de idade, espaçadas a 7 x 5 metros, manejado com podas de frutificação, durante cinco ciclos consecutivos, de 2009 a 2012, em Vista Alegre do Alto-SP, em área pertencente à *Indústria de Polpas e Conservas VAL Ltda*. O manejo de pragas, doenças, plantas daninhas e o manejo do sistema de irrigação foi realizado pela VAL Ltda., sendo o sistema de irrigação acionado diariamente, de acordo com a necessidade hídrica da cultura (monitorado por tenciometria). As coordenadas geográficas do local são: 21° 08’ Sul, 48° 30’ Oeste e altitude de 603m. Segundo a classificação de Köppen, o clima local é do tipo Cwa, subtropical com inverno curto, moderado e seco, verão quente e chuvoso, caracterizando duas estações climáticas distintas. Na Figura 1 são apresentados os dados climáticos do período experimental.

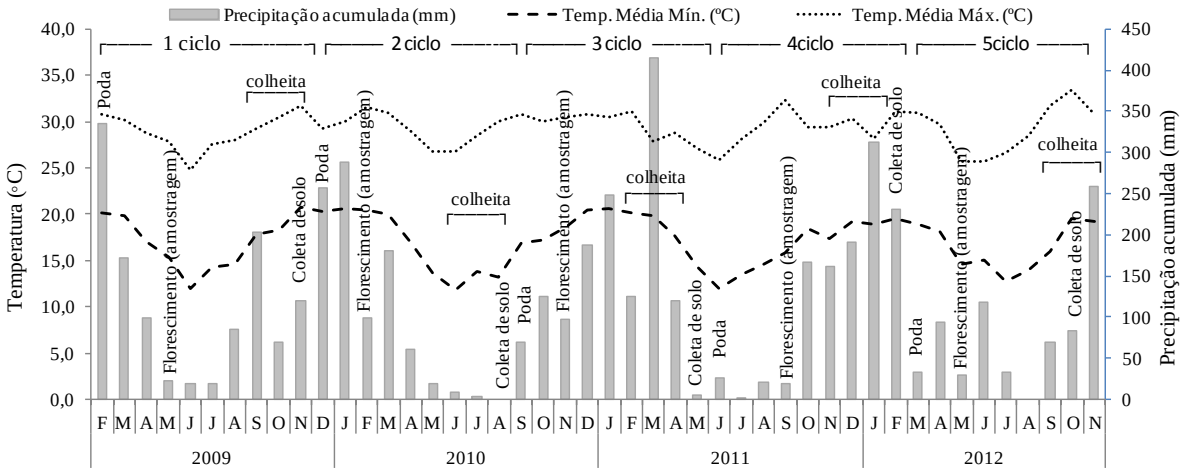



**Figura 1** - Dados climáticos obtidos da Estação Experimental de Citricultura de Bebedouro-SP, de 2009 a 2012, e aspectos fisiológicos e de condução da pesquisa.

O solo do pomar é um Argissolo Vermelho-Amarelo epieutrófico, endodistrófico, textura arenosa/média, correspondendo ao Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, segundo Embrapa (2013). Três meses antes do inicio do

experimento (Poda), o solo foi corrigido para elevar a saturação por bases a 70%, como indicado por Natale et al. (1996). No período da poda foram coletadas amostras para a avaliação da fertilidade do solo (RAIJ et al., 2001), na linha (projeção da copa das plantas) e na entrelinha do pomar, nas camadas de 0-20 cm e de 20-40 cm (Tabela 1).

**Tabela 1** - Propriedades químicas do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade, na linha e na entrelinha do pomar, antes da instalação do experimento, em 2009.

| **Amostra** | **pH*** | **M.O.** | **P**** | **K** | **Ca** | **Mg** | **H+Al** | **SB** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Linha** | | g $dm^{-3}$ | mg $dm^{-}$ | ----------mmol$_c$ $dm^{-3}$---------- | | | | |
| **0-20 cm** | 5,9 | 11 | 19 | 2,2 | 29 | 14 | 12 | 45,2 |
| **20-40 cm** | 5,4 | 9 | 7 | 2,0 | 22 | 9 | 16 | 33,0 |
| **Entrelinha** | | | | | | | | |
| **0-20 cm** | 6,0 | 12 | 13 | 2,9 | 29 | 15 | 11 | 46,9 |
| **20-40 cm** | 5,7 | 9 | 7 | 2,7 | 24 | 9 | 13 | 35,7 |
| | **T** | **V** | **B** | **Cu** | **Fe** | **Mn** | **Zn** | **S-$SO_4^-$** |
| **Linha** | mmol$_c$ $dm^{-3}$ | % | ----------mg $dm^{-3}$---------- | | | | | |
| **0-20 cm** | 57,2 | 79 | 0,17 | 11,9 | 13 | 11,9 | 0,4 | 2 |
| **20-40 cm** | 49,0 | 67 | 0,16 | 4,4 | 12 | 11,2 | 0,3 | 3 |
| **Entrelinha** | | | | | | | | |
| **0-20 cm** | 57,9 | 81 | 0,34 | 14,7 | 12 | 12,6 | 0,4 | 3 |
| **20-40 cm** | 48,7 | 73 | 0,16 | 4,0 | 10 | 10,6 | 0,3 | 4 |

*pH ($CaCl_2$); **P (resina)

Utilizou-se o delineamento estatístico em blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 4, com quatro doses de nitrogênio (0; 0,5; 1,0 e 2,0 kg de N $planta^{-1}$ $ciclo^{-1}$), tendo como fonte a ureia, e quatro doses de potássio (0; 0,55; 1,1 e 2,2 kg de $K_2O$ $planta^{-1}$ $ciclo^{-1}$), empregando-se o cloreto de potássio (KCl), com três repetições. As parcelas experimentais foram constituídas por cinco plantas, sendo a área das três goiabeiras centrais consideradas úteis para as avaliações. O experimento foi conduzido por cinco ciclos consecutivos na mesma unidade experimental.

Os fertilizantes foram distribuídos equitativamente na superfície do solo, sem incorporação, ao redor de cada planta, na faixa entre 1,5 e 2,0 metros a partir do

tronco, parcelados quatro vezes, a cada 25 dias, iniciando-se na fase de pré-florescimento. Juntamente com o primeiro parcelamento de N-K, foi aplicado adubo fosfatado, superfosfato simples, de acordo com as recomendações de Natale et al. (1996).

Para a análise de tecido vegetal, foi coletado o terceiro par de folhas maduras, em plena floração, em torno da planta a 1,5 m acima do solo, para um total de 30 pares de folhas por parcela (NATALE et al., 1996). As folhas foram lavadas, secas em estufa a 65 °C até massa constante, e os teores de N, P, S, K, Ca e Mg foram analisados de acordo com Bataglia et al. (1983).

Para o estudo do balanço de nutrientes nas folhas de goiabeiras ‘Paluma’, foi utilizada a metodologia proposta por Egozcue et al. (2003), sendo o espaço composicional (S) definido por:

$$S^D = C\ (\text{N, P, S, K, Ca e Mg})$$

em que: $D$ = 6 componentes, e $C$ é o operador de encerramento da função.

Foram estabelecidos balanços, empregando-se coordenadas *ilr* (relação log isométrica), e a partição binária sequencial (PBS) foi arranjada conforme as recomendações de Parent (2011) e Rozane et al. (2012), apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2**- Partição binária sequencial do balanço de nutrientes foliares

| *Ilr* | Nutrientes | | | | | | Balanço de nutrientes | r* | s** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | N | P | S | K | Ca | Mg | | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | -1 | -1 | -1 | [N, P, S \| K, Ca, Mg] | 3 | 3 |
| 2 | 1 | 1 | -1 | 0 | 0 | 0 | [N, P \| S] | 2 | 1 |
| 3 | 1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | [N \| P] | 1 | 1 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 1 | -1 | -1 | [K \| Ca, Mg] | 1 | 2 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | -1 | [Ca \| Mg] | 1 | 1 |

*r = número de componentes positivos e **s = número de componentes negativos

Os cálculos da relação log isométrica (*ilr*) foram realizados, utilizando o Excel, de acordo com Egozcue e Pawlowsky-Glahn (2005), que é expressa pela seguinte equação:

$$ilr_j = \sqrt{\frac{rs}{r+s}} \ln \frac{g(c+)}{g(c-)} \qquad j = [1,2,..., D-1]$$

em que r e s representam o número de componentes positivos e negativos, respectivamente; e $g(c_+)$ é a média geométrica dos componentes positivos, e g(c-) é a média geométrica dos componentes negativos. A raiz quadrada é o balanço entre o número de componentes positivos e negativos.

Para a avaliação da produtividade, a coleta dos frutos foi realizada com auxílio dos funcionários da VAL Ltda.,

A produtividade e os balanços *ilr* foram submetidos à análise de variância com a aplicação do teste F a 5% de probabilidade. Quando significativo, realizou-se a análise de regressão polinomial. O procedimento estatístico foi realizado utilizando PROC MIXED, no programa SAS versão 9.2.

As faixas críticas de balanços foram obtidas a partir de teores-padrão de nutrientes, indicados por Natale et al. (2002) e Maia et al. (2007). Os limites inferiores e superiores foram estabelecidos de acordo com Hernandes et al. (2012), em que os limites inferiores foram estabelecidos usando os menores valores no numerador, e os mais elevados, no denominador, enquanto os limites superiores foram obtidos pela relação entre os maiores valores de teores no numerador, e os menores, no denominador. Natale et al. (2002) propuseram faixas de teores de 20-23 g de N $kg^{-1}$; 1,4-1,8 g de P $kg^{-1}$; 14-17 g de K $kg^{-1}$; 7-11 g de Ca $kg^{-1}$; 3,4-4,0 g de Mg $kg^{-1}$, e 2,5-3,5 g de S $kg^{-1}$ em folhas coletadas durante o florescimento. Maia et al. (2007) sugeriram as faixas de teores de 20,2-25,3 g de N $kg^{-1}$; 1,4-1,5 g de P $kg^{-1}$; 19-21,7 g de K $kg^{-1}$; 7,7-8,3 g de Ca $kg^{-1}$; 2,7-2,8 g de Mg $kg^{-1}$, e 4-5,1 g de S $kg^{-1}$ em folhas coletadas entre a brotação e a frutificação.

## 2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1A (apêndices) são apresentados os valores do teste F obtidos pela análise de variância.

O aumento da produção de goiabas foi significativo em função de doses crescentes de nitrogênio, apresentando ajuste quadrático para os cinco ciclos produtivos (Figura 2a), assim como verificado em outros estudos (NATALE et al., 1994; TÉRAN et al., 1996; KUMAR et al., 2008; CARDOSO et al., 2011), confirmando a relação direta do nitrogênio com a capacidade produtiva das plantas (EPSTEIN; BLOOM, 2006; MALAVOLTA, 2006). Com exceção do quarto ciclo de cultivo, a aplicação de N proporcionou produtividades superiores a 40 t de fruto $ha^{-1}$ $ciclo^{-1}$ (Figura 2b).

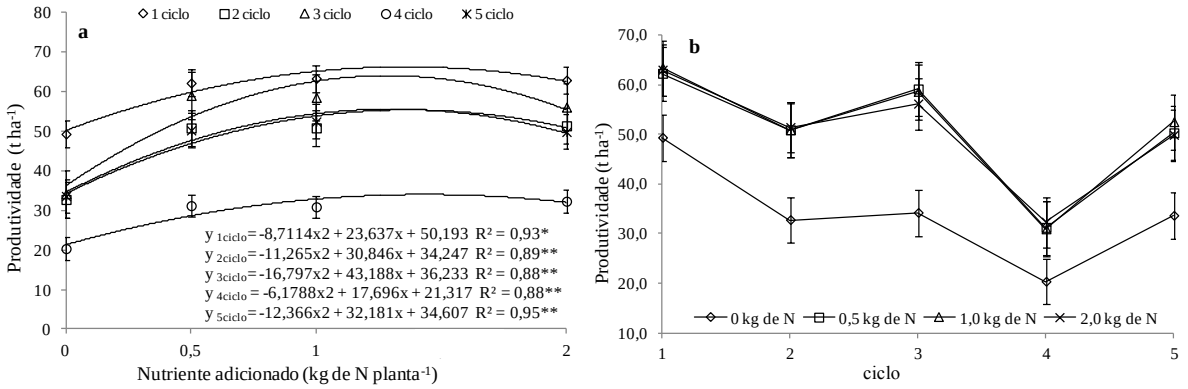



**Figura 2** – Produção de goiabeira 'Paluma', em resposta à adubação nitrogenada (a), e mudança sazonal da produção de goiabeira 'Paluma' durante o período experimental (b), durante cinco ciclos produtivos. Barras verticais em cada ponto representam o erro-padrão da média. Vista Alegre do Alto-SP, 2009 a 2012.

Para as doses de potássio testadas, não houve efeito significativo na produção de goiabas. Em plantas jovens de goiabeira 'Paluma', o fornecimento de potássio pelo material podado é de 0,232 kg $planta^{-1}$ (MAIA et al., 2007), razão pela qual, estudos têm indicado a não influência da adubação potássica na produtividade da goiabeira (TÉRAN et al., 1996; IDE; MARTELLETO, 1997). A concentração inicial de K no solo e a ciclagem do material proveniente da poda, aliadas a possíveis características inatas da própria goiabeira, que favoreçam a absorção de potássio,

como o extenso e eficiente sistema radicular dessa frutífera que explora um grande volume de solo, podem explicar a manutenção de produtividade das plantas.

Com relação à interação entre nitrogênio e potássio, não foi observado efeito significativo. Resultado semelhante foi obtido por Ide e Martelleto (1997), que observaram efeito significativo da adubação nitrogenada sobre a produtividade de plantas jovens de goiabeira ‘Paluma’, não verificando influência do K e de sua interação com o N.

Na produção da goiabeira ‘Paluma’, verificou-se uma variação sazonal em função dos ciclos produtivos (Figura 2b). Apesar de o manejo do pomar ser idêntico para os cinco ciclos, as variações de precipitação e temperatura (Figura 1) podem explicar as diferenças de rendimento da cultura. Segundo Pizza Júnior (1994), uma das vantagens da poda é evitar a alternância de safras, além de permitir a distribuição mais homogênea dos frutos na planta. Porém, Rozane et al. (2012) verificaram grande variação no rendimento da cultura em função do ciclo (época) de desenvolvimento dos frutos após a poda das goiabeiras ‘Paluma’.

O ciclo em que as goiabeiras foram podadas no mês de fevereiro foi o que apresentou a maior produção de frutos, seguido das podas no mês de setembro, dezembro e março, que apresentaram produção similar e, por fim, a poda realizada no mês de junho apresentou a menor produção. A poda realizada no período de baixas temperaturas, quarto ciclo (Figura 1), desfavorece a produção de frutos, pois as baixas temperaturas inibem o desenvolvimento de ramos novos, que consequentemente, diminuindo o surgimento de botões florais que originam frutos. No município de São Manuel-SP, goiabeiras ‘Paluma’ podadas em setembro e outubro apresentaram menor produção, quando comparadas às plantas podadas em agosto (RAMOS et al., 2011). Por outro lado, Serrano et al. (2008), em Pinheiro-ES, verificaram maior produção de frutos de ‘Paluma’ quando as goiabeiras foram podadas em dezembro, e maior peso médio de frutos naquelas podadas em fevereiro.

O manejo da goiabeira com poda é uma boa opção para o escalonamento da produção; contudo, o produtor deve estar ciente de que a produção de frutos pode variar em função do período de realização da poda, acarretando maior ou menor rendimento da cultura.

Com exceção do primeiro ciclo produtivo, houve efeito significativo da adubação nitrogenada no balanço [N, P, S | K, Ca, Mg] (Figura 3). O aumento na oferta de N estimula o crescimento e, consequentemente, a absorção de outros nutrientes (FAGERIA, 2001; FAQUIN, 2005), promovendo a mudança de valores do balanço, já que esse nutriente apresenta a maior quantidade de interações com nutrientes no tecido vegetal (FAQUIN, 2005). O efeito da adubação nitrogenada pode ser traduzido em maiores ou menores teores de nutrientes, dependendo da quantidade de nutrientes oferecida na zona radicular (FAGERIA, 2001).

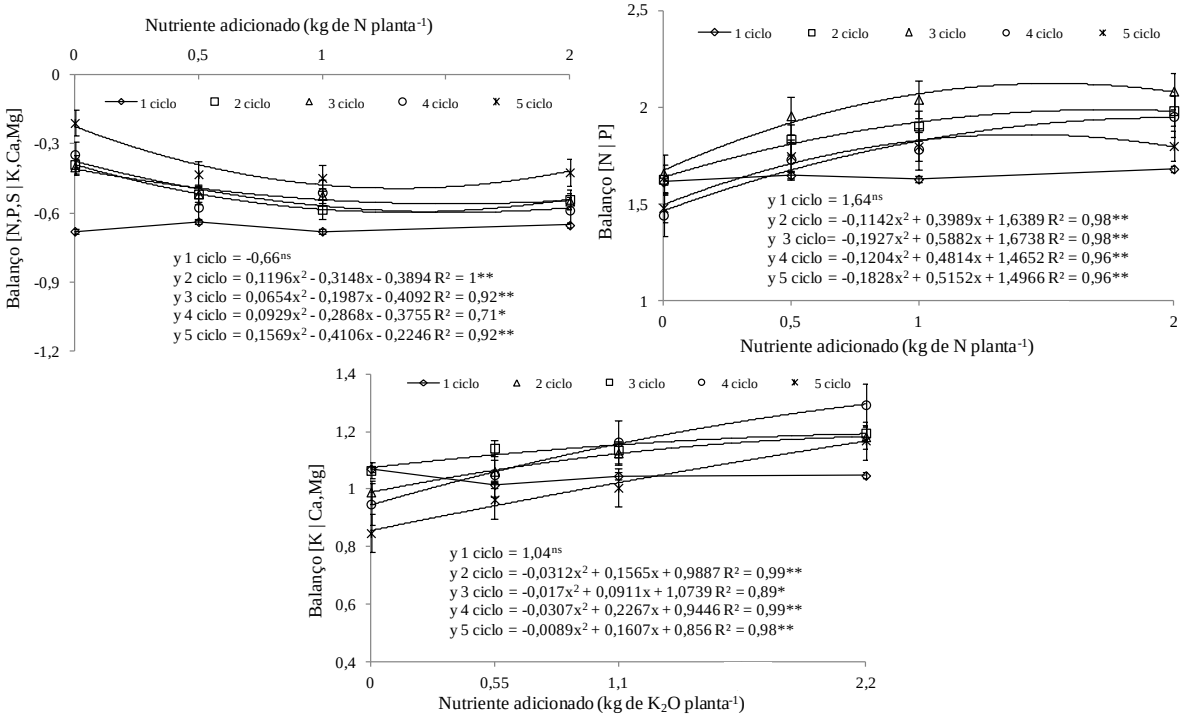



**Figura 3** – Balanços foliares de nutrientes de goiabeira 'Paluma'. Barras verticais em cada ponto representam o erro-padrão da média. Vista Alegre do Alto, de 2009 a 2012.

O balanço [N, P | S] médio foi significativo em resposta à adubação nitrogenada, representado pela equação $y_{[N,\ P\ |\ S]\ médio} = -\ 0{,}0139x^2 + 0{,}0639x + 0{,}6669$ ($R^2 = 0{,}99^{**}$). A nutrição nitrogenada tem forte influência regulatória sobre a assimilação de enxofre, e vice-versa (DUKE et al., 1986), pelo fato de a assimilação do N e do S em plantas estar altamente associada (ZHAO et al., 1997). O P geralmente tem significativa interação positiva com a absorção de N e o crescimento da planta (SUMMER; FARINA, 1986; TERMAN et al., 1977), apresentando

sinergismo entre eles, como resultado da estimulação do crescimento e uma apropriada absorção de ambos os elementos (SUMMER; FARINA, 1986).

O balanço [N | P] variou em resposta à adubação nitrogenada, apresentando ajuste quadrático, com exceção para o primeiro ciclo (Figura 3). O aumento do balanço em função das doses de N é devido ao aumento da concentração do nitrogênio no tecido vegetal e também pode estar relacionado à maior absorção de nitrogênio em relação ao fósforo, devido à sua maior disponibilidade. Outra explicação pode ser atribuída ao efeito de diluição (ANDRADE et al., 2000), provocado pelo rápido crescimento dos ramos das plantas adubadas com nitrogênio.

O balanço [K| Ca, Mg] variou em resposta à adubação potássica, apresentando incremento nos valores dos balanços, com exceção do primeiro ciclo (Figura 3). A relação [K | Ca, Mg] variou devido ao aumento da concentração de K no tecido vegetal, em razão da maior disponibilidade do nutriente, podendo também ser resultado da absorção competitiva, visto que o K compete efetivamente com Ca e Mg, diminuindo a absorção desses dois nutrientes (MARSCHNER, 1995). Cabe ainda considerar o efeito antagonista sobre a absorção de Ca e Mg, quando o K apresenta-se em maior concentração, dependendo da espécie de planta e das condições ambientais (MALAVOLTA, 2006). Villela e Bull (1999) verificaram que o aumento das doses de potássio, na cultura do milho, acarretou maiores teores foliares de potássio e menores teores foliares de cálcio e de magnésio.

A relação [Ca | Mg] média foi significativa em resposta à adubação potássica, sendo representada pela equação $y_{[Ca \mid Mg]\ médio} = 0,0262x + 0,8754$ ($R^2 = 0,93$*). A adubação potássica pode ter prejudicado mais na absorção do Mg do que na absorção de Ca, em função da quantidade de Ca no solo ser superior à de Mg (Tabela 1).

As variações nas condições ambientais de cada ciclo (Figura 1) influenciaram no balanço dos nutrientes foliares, alterando o valor dos balanços nos diferentes ciclos avaliados (Figura 4). Apesar de não haver na literatura informações sobre balanços nutricionais, resultados semelhantes foram verificados por Godoy et al. (2012), indicando que as condições climáticas, temperatura e precipitação, influenciaram nos teores foliares de nutrientes em bananeiras. Lima et al. (2007) também verificaram variabilidade dos teores de macronutrientes em folhas de

aceroleira, em função de diferentes épocas de amostragens. Em goiabeira ‘Paluma’, Rozane et al. (2012) apontam que as variações de luminosidade, precipitação e temperatura são os principais fatores da variação dos valores de balanço nutricional.

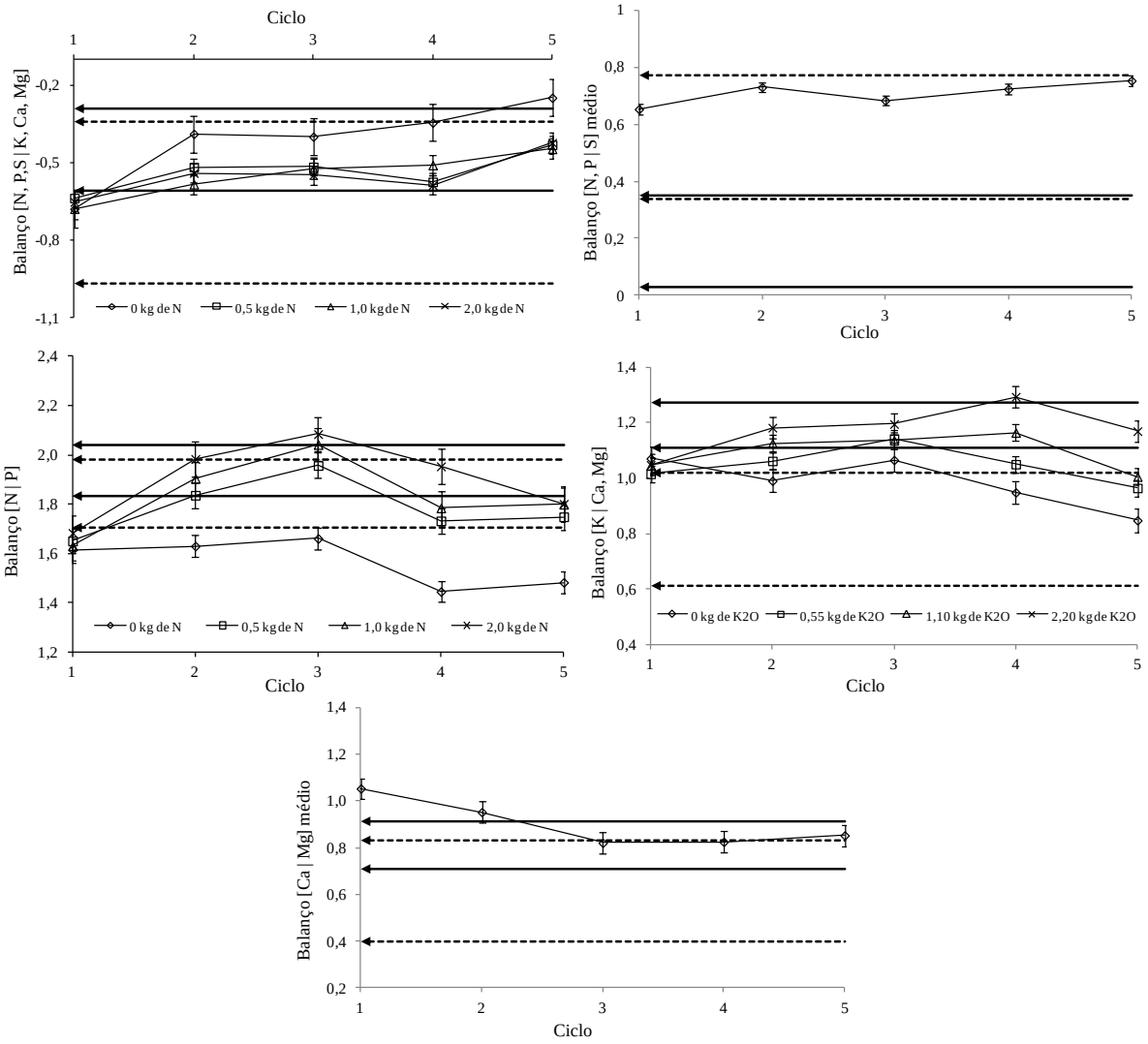



**Figura 4** – Variação sazonal dos balanços nutricionais de goiabeira ‘Paluma’ durante o período experimental. Barras verticais em cada ponto representam o erro-padrão da média. As setas são as faixas de balanços de nutrientes calculadas a partir de Natale et al. (2002) (setas tracejadas) e Maia et al.(2007) (setas cheias). Vista Alegra do Alto, 2009 a 2012.

A fim de avaliar os balanços nutricionais encontrados neste estudo, foram elaboradas faixas de balanços de nutrientes foliares baseadas nos teores-padrão de elementos indicados por Natale et al. (2002) e Maia et al. (2007) (Tabela 3). As faixas de balanços foliares, calculadas a partir das indicações de Maia et al. (2007), estiveram fora do alcance dos balanços foliares das goiabeiras de maiores rendimentos deste estudo (Figura 3), em particular, os balanços foliares [N, P | S], [N | P] e [K | Ca, Mg], por apresentarem teores foliares inferiores de Ca e P, e teores foliares mais elevados de K e S. As faixas de balanços de nutrientes foliares calculadas a partir de Natale et al. (2002) parecem ser suficientes para os balanços foliares [N, P, S | K, Ca, Mg] e [N, P | S], mas poderiam ser ajustadas para os balanços foliares [N | P], [K | Ca, Mg] e [Ca | Mg], como sugerido na Tabela 3, a fim de englobar dados que também apresentaram alta produção.

**Tabela 3**- Faixas de balanços de nutrientes obtidas pelos teores-padrão de nutrientes indicados por Natale et al. (2002) e Maia et al. (2007) e faixa ajustada.

| Balanço de nutrientes | Faixa de Balanços de Nutrientes Foliares | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Natale et al. (2002) | | Maia et al. (2007) | | Natale et al. (2002) ajustada | |
| | LI* | LS** | LI | LS | LI | LS |
| [N, P, S \| K, Ca, Mg] | -0,97 | -0,34 | -0,61 | -0,29 | -0,97 | -0,34 |
| [N, P \| S] | 0,34 | 0,77 | 0,03 | 0,35 | 0,34 | 0,77 |
| [N \| P] | 1,70 | 1,98 | 1,83 | 2,04 | 1,60 | 2,20 |
| [K \| Ca, Mg] | 0,61 | 1,02 | 1,11 | 1,27 | 0,61 | 1,30 |
| [Ca \| Mg] | 0,40 | 0,83 | 0,71 | 0,91 | 0,40 | 0,90 |

*LI=limite inferior e **LS=limite superior

## 2.4. CONCLUSÕES

O ciclo de cultivo e a adubação nitrogenada influenciaram na produtividade das goiabeiras ‘Paluma’. A produtividade das goiabeiras e seu balanço nutricional permitiram a definição de faixas de balanço nutricional e sua validação com as faixas estabelecidas com os teores nutricionais atualmente utilizadas no Brasil. A adubação potássica não afetou a produtividade de goiabas.

## 2.5. REFERÊNCIAS


ANDRADE, A. C.; FONSECA, D. M.; GOMIDE, J. A.; ALVAREZ V., V. H.; MARTINS, C. E.; SOUZA, D. P. H. Produtividade e valor nutritivo do capim-elefante cv. Napier sob doses crescentes de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 1.589 - 1.595, 2000.

ANJANEYULU, K.; RAGHUPATHI, H. B. Identification of yield-limiting nutrients through DRIS leaf nutrient norms and indices in guava (*Psidium guajava*). **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, v. 79, p. 418 - 421, 2009.

ARORA J. S.; SINGH, J. R. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium sprays on gruava (*Psidium guajava* L.). **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, Kyoto, v. 39, p. 55 - 62, 1970.

BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78).

BATES, T. E. Factors affecting critical nutrient concentrations in plant and their evaluation: a review. **Soil Science**, Baltimore, v. 112, p. 116 - 130, 1971.

BOULD, C.; BRADFIELD, E. C.; CLARKE, G. M. Leaf analysis as a guide to the nutrition of Fruit crops. General principles, sampling techniques and Analytical methods. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, p. 229 - 242, 1960.

CARDOSO, E. A.; COSTA, J. T. A.; SOARES, I. S.; SILVA, R. M.; MARACAJÁ, P. B. Produtividade da goiabeira 'Paluma' em função da adubação mineral**. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 6, n. 2, p. 149 – 153, 2011.

DUKE, S. H.; REISENAUER, H. M. Roles and Requirements of Sulfur in Plant Nutrition. In Sulfur in Agriculture. TABATABAI, M. A., Ed.; **American Society of Agronomy**: Madison, WI, 1986; Agron. n. 27, p. 123 - 168.

EGOZCU, J. J.; PAWLOWSKY-GLAHN, V. Análisis composicional de datos en Ciencias Geoambientales. **Boletín Instituto Geológico y Minero**, Madrid, v. 122, p. 439 - 452, 2011.

EGOZCU, J. J.; PAWLOWSKY-GLAHN, V. Groups of parts and their balances in compositional data analysis. **Mathematical Geology**, New York, v.37, p. 795 - 828, 2005.

EGOZCUE, J. J.; PAWLOWSKY-GLAHN, V.; MATEU-FIGUERAS, G.; BARCELO-VIDAL, C. Isometric logratio transformations for compositional data analysis. **Mathematical Geology**, Caldwell, v. 35, p. 279 – 300, 2003.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. 2. ed., Embrapa Solos, Rio de Janeiro, Brasil, 2013, 306 p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas**: princípios e perspectivas. Londrina: Editora Planta, 2006. 403p.

FAGERIA, V. D. Nutrient interactions in crop plants, **Journal of Plant Nutrition**, London, v. 24, n. 8, p. 1.269 - 1.290, 2001.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2005. 183p.

GODOY, L. J. G.; GOÇALO, S. G.; MENDONÇA, J. C.; BERNARDO, A. Variação sazonal da concentração de nutrientes em folhas de bananeiras, no Vale do Ribeira-SP. **Semina**: Ciências Agrárias, Londrina, v.33, p. 1.367 - 1.380, 2012.

HERNANDES, A.; PARENT, S. E.; NATALE, W.; PARENT, L. E. Balancing guava nutrition with liming and fertilization. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 4, p. 1.224 - 1.234, 2012.

IDE, C. D.; MARTELLETO, L. A. P. Response of guava (*Psidium guajava* L.) 'Paluma' to three levels of nitrogenous and potash fertilization at first production. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 452, p. 101 - 105, 1997.

IEA – **Instituto de Economia Agrícola**. Disponível em: <http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/subjetiva.aspx?cod_sis=1&idioma=1>. Acesso em: 14 mar. 2013.

KUMAR, P.; TIWARI, J. P.; KUMAR, R. Effect of N, P & K on fruiting, yield and fruit quality in guava cv. Pant Prabhat. **Journal of Horticultural Sciences***.* Bangalore, v. 3, n. 1, p. 43 - 47, 2008.

LAGATU, H.; MAUME, L. The variations of the sum N + P205 + K20 per 100 parts of dry material of the leaf of a cultivated plant. **Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture de France**, Paris, v. 21, p. 85 - 92, 1935.

LIMA, R. L. S.; SIQUEIRA, D. L.; CAZETTA, J. O.; FERREIRA, G. B.; WEBER, O. B. Variação sazonal da concentração de macronutrientes em folhas de diferentes genótipos de aceroleira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n.3, p. 652 - 656, 2007.

MAIA, J. L. T.; BASSOI, L. H.; SILVA, D. J.; LIMA, M. A. C.; ASSIS, J. S.; MORAIS, P. L. D. Assessment on nutrient levels in the aerial biomass of irrigated guava in São Francisco Valley, Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 705 - 709, 2007.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Ceres, 2006. 638p.

MARSCHNER, M. G. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, 1995. 889 p.

NATALE, W.; COUTINHO, E. L. M.; BOARETTO, A. E.; BANZATTO, D. A. Nutrient foliar content for high productivity cultivars of guava in Brazil. In: TAGLIAVINI, M. (Ed.). Proceedings ISHS on Foliar Nutrition, **Acta Horticulturae**, Bologna, v. 594, p. 383 - 386, 2002.

NATALE, W.; COUTINHO, E. L. M.; BOARETTO, A. E.; PEREIRA, F. M. Effect of potassium fertilization in 'Rica' guava cultivation. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, v. 66, p. 201-207, 1996.

NATALE, W.; COUTINHO, E. L. M.; BOARETTO, A. E.; PEREIRA, F. M. La fertilisation azotée du goyavier. **Fruits**, Paris, v. 49, n. 3, p. 205-210, 1994.

PARENT , L.E.; PARENT, S. E.; ROZANE, D.E.; AMORIM, D.A.; HERNANDES , A.; NATALE, W. Unbiased approach to diagnose the nutrient status of red guava (*Psidium guajava*). **Acta Horticulturae** (ISHS) v. 959, p. 145-159, 2012.

PARENT, L. E. Diagnosis of the nutrient compositional space of fruit crops. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 321-334, 2011.

PIZZA JÚNIOR, C. T. **A poda da goiabeira de mesa**. Campinas, CATI, 1994. 30p. (Boletim Técnico, 222).

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais**. Campinas, Instituto Agronômico, 2001, 285p.

RAMOS, D. P.; LEONEL, S.; SILVA, A. C.; SOUZA, M. E.; SOUZA, A. P.; FRAGOSO, A. M. Épocas de poda na sazonalidade, produção e qualidade dos frutos da goiabeira ‘Paluma’. **Semina**: Ciências agrárias, Londrina, v.32, n.3, p. 909-918, 2011.

ROZANE, D. E.; AMORIM, D. A.; NATALE, W.; PARENT, L. E.; PARENT, S.E. MONTES, R. M. Balanço nutricional e coordenadas *ilr* para a interpretação da

diagnose foliar da goiabeira. In: XXII Congresso Brasileiro de Fruticultura, 22, 2012, Bento Gonçalves. **Anais...** p. 6.085-6.089, 2012.

SERRANO, L. A. L.; MARINHO, C. S.; SILVA, M. G.; TRADIN, F. D. Características fenológicas e produtivas da goiabeira 'Paluma' em diferentes épocas e intensidades no norte fluminense. **Revista Ceres**. Viçosa, v. 55, n. 5, p. 416-424, 2008.

SUMNER, M. E.; FARINA, M. P. W. Phosphorus Interactions with Other Nutrients and Lime in Field Cropping Systems. **Advances in Soil Science**, New York, v. 5, p. 201-236, 1986.

TERÁN, L.; MELÉNDEZ, I.; GARCÍA-AGUILAR, L.; ACUÑA, J. G.; URDANETA, M. Efecto de la aplicación de nitrógeno y potasio em el rendimento del cultivo de la guayaba (*Psidium guajava* L.). **Revista de La Facultad de Agronomía (Luz),** Maracaibo, v. 13, n. 4, p. 363-370, 1996.

TERMAN, G. L.; NOGGLE, J. C.; HUNT, C. M. Growth Rate-Nutrient Concentration Relationships During Early Growth of Corn as Affected by Applied N, P, and K. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 41, n. 2, p. 363-368, 1977.

TOLOSANA-DELGADO, R. van den; BOOGART, K. G. Linear models with compositions in R. In: PAWLOWSKY-GLAHN, V.; BUCCIANTI, A. (Eds.) **Compositional data analysis**: theory and applications. New York: John Wiley and Sons, 2011. p. 356-371.

VILELA, E. F.; BÜLL, L. T. Avaliação do crescimento de plantas de milho em função de doses de potássio e estresse hídrico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 281-289, 1999.

ZHAO, F. J.; BILSBORROW, P. F.; EVANS, E. J.; MCGRATH, S. P. Nitrogen to Sulphur Ratio in Rapeseed and in Rapeseed Protein and Its Use in Diagnosing Sulphur Deficiency. **Journal of Plant Nutrition**. New York, v. 20, p. 549-558, 1997.

# CAPÍTULO 3 - ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA EM POMAR DE GOIABEIRAS, AVALIADAS DURANTE CINCO CICLOS: II - EFEITOS NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

**RESUMO -** A avaliação da fertilidade por meio da análise do solo, tradicionalmente, não leva em consideração as interações entre os elementos.

A fim de incluir o efeito das interações na interpretação do resultado da análise de solo, conduziu-se um experimento para avaliar o efeito da adubação nitrogenada (ureia) e potássica (cloreto de potássio) sobre o equilíbrio catiônico do solo (nas camadas de 0-20 e 20-40 cm e linha e entre-linha) em pomar de goiabeiras 'Paluma', em área comercial irrigada, no município de Vista Alegre do Alto – SP, durante cinco ciclos consecutivos (2009 - 2012), utilizando o conceito das relações log isométricas (*ilr)*. No presente estudo observou-se que a adubação nitrogenada diminuiu os valores do balanço [K, Ca, Mg | H+Al] e, consequentemente, o valor do pH do solo, enquanto a adubação potássica aumentou os valores do balanço [K | Ca, Mg] e, consequentemente, a concentração de K no solo. A dose de 0,55 kg de $K_2O$ planta$^{-1}$ ciclo$^{-1}$ foi suficiente para manter a concentração de K no solo acima de 1,6 mmol$_c$ dm$^{-3}$, na linha do pomar de goiabeiras. Os valores dos balanços estudados sofreram influência da época de coleta do solo.

**Palavras-Chave -** análise composicional, relações log isométricas (*ilr*), *Psidium guajava* L., equilíbrio catiônico do solo, nitrogênio, potássio.

## CHAPTER 3 - NITROGEN AND POTASSIUM IN ORCHARD GUAVA, EVALUATED DURING FIVE CYCLES: II - EFFECTS ON SOIL

**ABSTRACT -** The fertility evaluation by soil analysis, traditionally, does not considers the interaction between elements. In order to include the interaction effect in soil analysis interpretation, an experiment was conducted to evaluate the effect of nitrogen (urea) and potassium (potassium chloride) fertilization on the soil cationic balance (in the layers 0 -20 and 20-40 cm and row and between-row), in 'paluma' guava, in irrigated commercial area, at the Vista Alegre do Alto county, São Paulo state, Brazil, for five consecutive cycles (2009 2012), using the concept of isometric log ratio (*ilr*). At the present study we observed that nitrogen fertilization decrease balance values [K, Ca, Mg | H+Al] and, consequently, soil ph value, while potash fertilization increase balance values [K | Ca, Mg] and, consequently, soil k content. The 0.55 kg $K_2O$ $plant^{-1}$ $cycle^{-1}$ rate was sufficient to maintain the soil k content over 1.6 $mmol_c$ $dm^{-3}$, at guava plants roll. The values of studied balance suffered influences of soil sample period.

**Keywords** - compositional analysis, isometric log ratio (*ilr*), *Psidium guajava* L., soil cationic balance, nitrogen, potassium

## 3.1. INTRODUÇÃO

A goiabeira (*Psidium guajava* L.) é uma planta tropical originária da América do Sul e América Central. O Brasil apresenta extensas áreas de cultivo dessa frutífera, com destaque para a cultivar Paluma.

A ‘Paluma’ tem grande aceitação no mercado nacional, apresentando boas características para o consumo *in natura* e para a industrialização dos frutos. Além disso, a cultivar adaptou-se bem ao sistema intensivo de produção, que utiliza poda, irrigação e manejo nutricional ajustado, o que permite ciclos produtivos de cerca de oito meses, possibilitando o escalonamento da produção de frutos.

A produtividade média dos pomares brasileiros está em torno de 21 t $ha^{-1}$ $ano^{-1}$ (IBGE, 2011), enquanto a goiabeira ‘Paluma’, conduzida no sistema intensivo, atinge valores superiores a 60 t $ha^{-1}$ $ciclo^{-1}$ (NATALE, 2009). Muitos fatores podem ser atribuídos à baixa produtividade média nacional, porém o aspecto nutricional e a fertilidade do solo desempenham papel determinante no sucesso da atividade frutícola (NATALE et al., 2012).

O conhecimento das condições do solo, em especial com relação à acidez e à disponibilidade de nutrientes, é de grande importância para se obter êxito no empreendimento agrícola, visto que o desenvolvimento do sistema radicular das plantas apresenta estreita relação com a formação da parte aérea e com a colheita (RAIJ, 2011).

A análise química é o método tradicionalmente usado para a avaliação da fertilidade do solo e, através dela, pode-se determinar a necessidade de correção da acidez e de adubação das culturas. No entanto, o estabelecimento da dose adequada de corretivo e/ou adubo tem suas dificuldades, já que o solo é um meio complexo e heterogêneo, onde ocorrem inúmeras reações químicas, físicas e microbiológicas, além dos fatores climáticos que podem influenciar na disponibilidade e no aproveitamento dos nutrientes pelas plantas. Apesar da infinidade de interações existentes entre os nutrientes no solo, a observação do equilíbrio e da interação entre os elementos não faz parte do procedimento da análise de solo (MALAVOLTA, 2006).

A fim de incluir o efeito das interações na interpretação do resultado do equilíbrio catiônico do solo em pomares de goiabeiras, Hernandes (2012) utilizou a relação log isométrica (*ilr*), uma técnica de análise composicional, proposta por Egoszcue e Pawlowski-Glahn (2005), para avaliar o efeito da fertilização N, P e K e da calagem, em pomar de goiabeiras. Através dos balanços [K | Ca, Mg, H+Al], [Ca, Mg | H+Al] e [Ca | Mg], Parent et al. (2012b) conseguiu estudar o efeito da fertilização e da calagem sobre o balanço dos componentes da capacidade de troca catiônica do solo.

O *ilr* é considerado o método mais adequado para a condução de análises multivariadas (FILZMOSER; HRON, 2011), sendo uma abordagem imparcial e não tendenciosa que permite estudar a relação entre os nutrientes (PARENT et al., 2012a).

O método *ilr* contempla três etapas: a representação dos dados em coordenadas *ilr*; a análise de variância das coordenadas como variáveis reais aleatórias; e, a interpretação dos resultados em termos de balanços (EGOZCUE; PAWLOWSKI-GLAHN, 2011). Esse conceito foi utilizado com sucesso em estudos de nutrição de plantas (PARENT, 2011; HERNANDES et al., 2012), de decomposição de resíduos orgânicos (PARENT et al., 2011) e de agregação de solo (PARENT et al., 2012a).

Com base no exposto, realizou-se um experimento com adubação nitrogenada e potássica em pomar de goiabeiras ‘Paluma’, a fim de verificar o efeito destas fertilizações no balanço catiônico do solo.

## 3.2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em pomar comercial de goiabeiras ‘Paluma’, situado no município de Vista Alegre do Alto-SP. As informações referentes ao local do ensaio, clima, tipo e fertilidade do solo, delineamento experimental e informações gerais sobre a condução da pesquisa foram relatadas na Parte I desta dissertação.

As amostragens de solo foram realizadas após o término da colheita em cada ciclo, nas camadas 0 – 20 e 20 – 40 cm, na linha e na entrelinha do pomar. As análises químicas para fins de fertilidade do solo seguiram a metodologia descrita por Raij et al. (2001).

Para o estudo do balanço catiônico do solo, utilizou-se do método proposto por Egozcue et al. (2003). Dessa forma, o espaço composicional (S) para a análise foi definido como:

$$S^{D} = C \text{ (K, Ca, Mg e H+Al)}$$

em que: $D$ = quatro componentes; e $C$ é o operador de encerramento da função referente à CTC do solo.

A partição binária sequencial foi construída de forma a facilitar a interpretação dos resultados (Tabela 1). O primeiro contraste (bases trocáveis vs. acidez potencial) foi utilizado para avaliar o efeito das doses de N sobre a acidez do solo. O segundo contraste (K vs. Ca e Mg) foi empregado a fim de observar o efeito da adição do fertilizante potássico na soma de bases do solo; por último, utilizou-se do contraste entre os dois cátions divalentes, cálcio vs. magnésio (Tabela 1).

**Tabela 1** – Partição binária sequencial dos componentes da CTC do solo

| *Ilr* | Cátions trocáveis | | | | Balanço | r* | s* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | K | Ca | Mg | H+Al | | | |
| | Partição binária sequencial | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | -1 | [K, Ca, Mg \| H+Al] | 3 | 1 |
| 2 | 1 | -1 | -1 | 0 | [K \| Ca, Mg] | 1 | 2 |
| 3 | 0 | 1 | -1 | 0 | [Ca \| Mg] | 1 | 1 |

*r = número de sinais positivos e s= número de sinais negativos

Os cálculos da relação log isométrica (*ilr*) foram realizados, utilizando o Excel, de acordo com Egozcue e Pawlowsky-Glahn (2005), expresso pela seguinte equação:

$$ilr_j = \sqrt{\frac{rs}{r+s}} \ln \frac{g(c+)}{g(c-)} \qquad j = [1,2,\ldots, D-1]$$

em que: r e s representam o número de componentes positivos e negativos, respectivamente; $g(c_+)$ é a média geométrica dos componentes positivos, e g(c-) é a média geométrica dos componentes negativos. A raiz quadrada representa o balanço entre o número de componentes positivos e negativos.

Os balanços *ilr* foram submetidos à análise de variância com a aplicação do teste F a 5% de probabilidade. Quando significativo, procedeu-se a análise de regressão polinomial. Realizou-se a análise de correlação linear de Pearson entre o balanço [K, Ca, Mg | H+Al] e o pH do solo, e entre o balanço [K | Ca, Mg] e a concentração de K no solo, a 5% de probabilidade. O procedimento estatístico empregou o PROC MIXED, no programa SAS versão 9.2.

## 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 2A (apêndices) são apresentados os valores do teste F obtidos pela análise de variância.

A adubação nitrogenada influenciou significativamente o balanço [K, Ca, Mg | H+Al], nas camadas 0-20 e 20-40 cm, na linha de cultivo das goiabeiras 'Paluma' (Figura 1). A diminuição nos valores do balanço é resultado do processo de nitrificação, transformação do nitrogênio na forma amoniacal para a forma nítrica, ocasionando a liberação de íons $H^+$ (NATALE et al., 2012), e da absorção do nitrato pelas raízes, estimulando o desenvolvimento da planta e, consequentemente, a absorção de nutrientes, levando à diminuição de K, Ca e Mg no solo (Figuras 2 e 3).

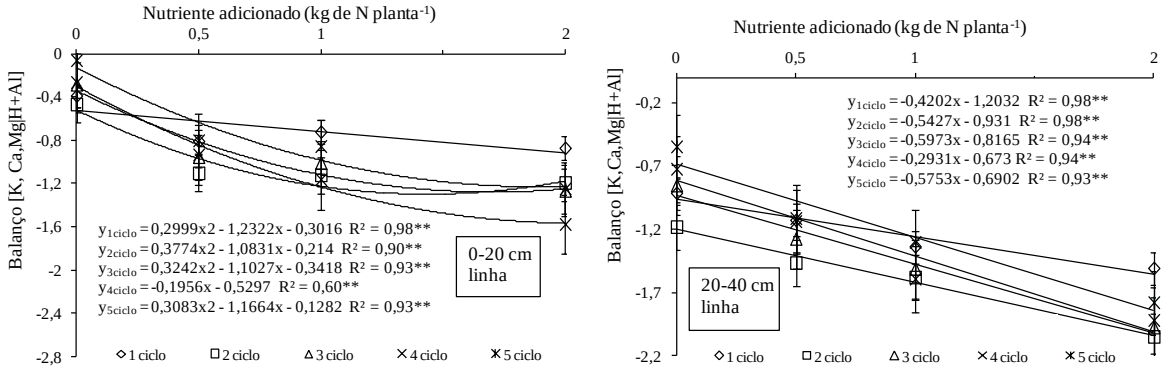



**Figura 1** – Balanço [K, Ca, Mg | H+Al] na linha de plantio, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, em função da adubação nitrogenada, em Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico cultivado com goiabeiras 'Paluma'. Barras verticais em cada ponto representam os desvios-padrão das médias. Vista Alegre do Alto - SP, 2009 a 2012.

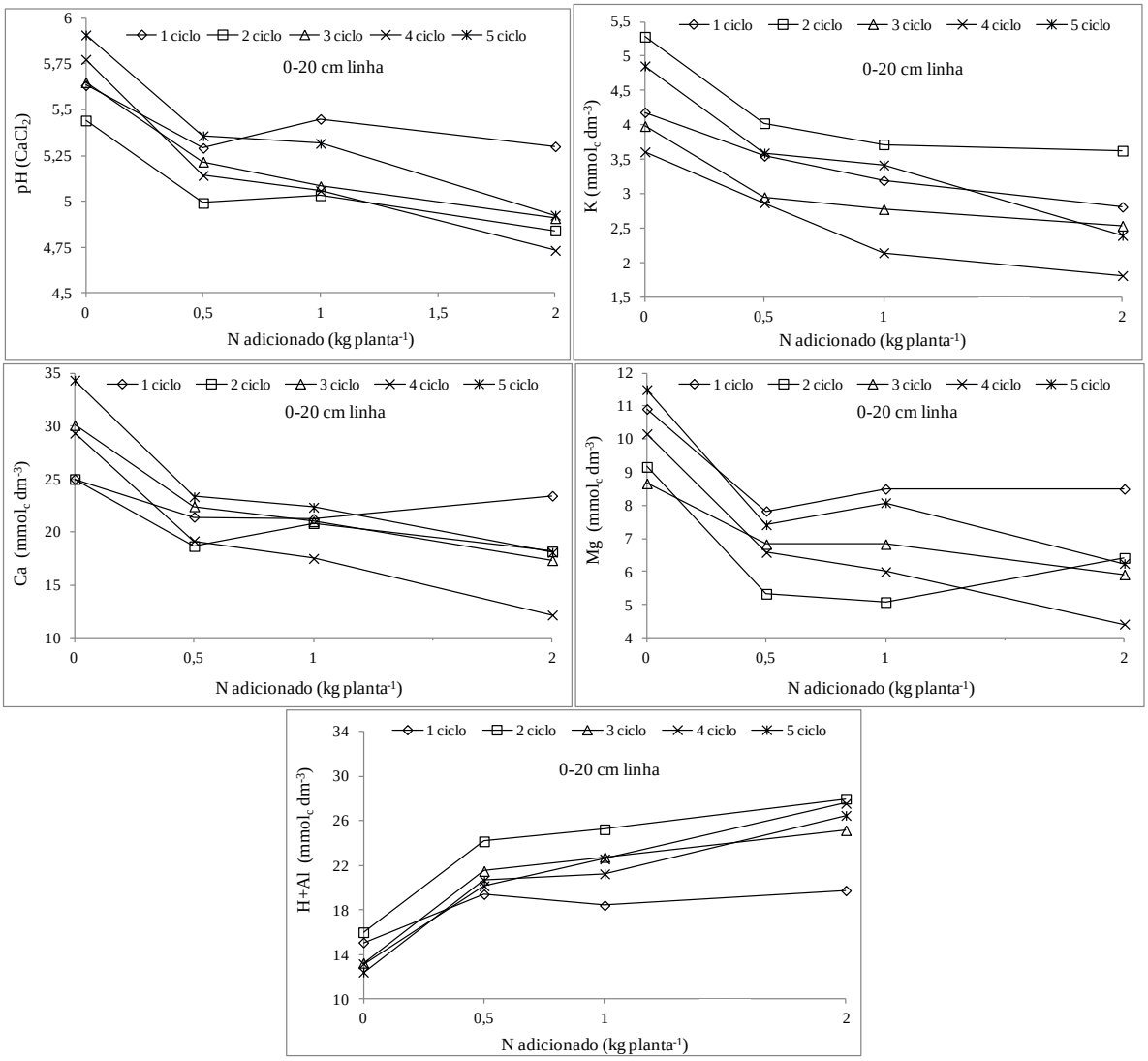



**Figura 2** – Mudança sazonal nos valores medianos das propriedades químicas do solo, em Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, na camada de 0-20 cm na linha, em pomar de goiabeira 'Paluma', em resposta à adubação nitrogenada, em Vista Alegre do Alto - SP, 2009 a 2012.

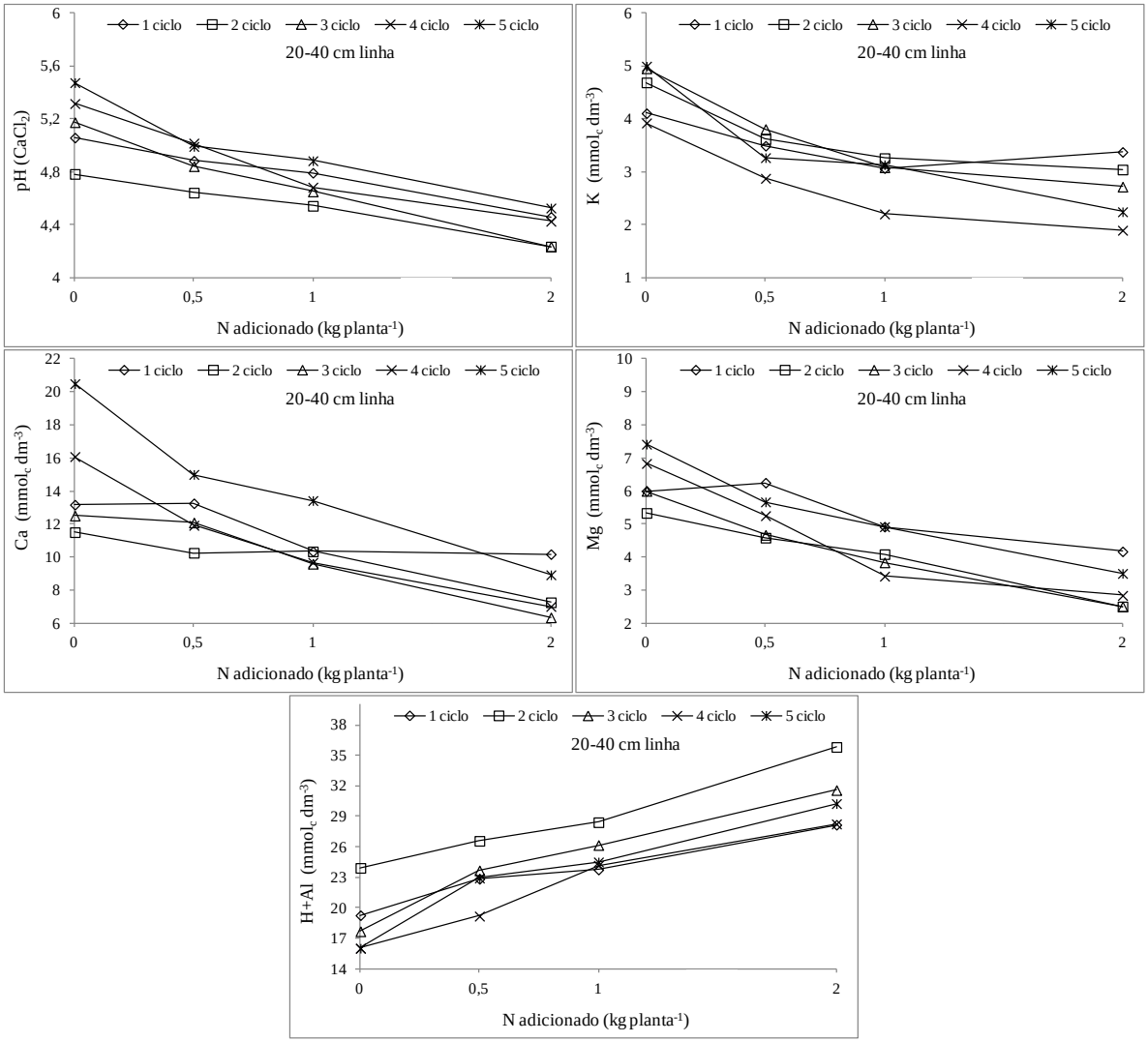



**Figura 3** – Mudança sazonal nos valores medianos das propriedades químicas do solo, em Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, na camada de 20-40 cm na linha, em pomar de goiabeira 'Paluma', em resposta à adubação nitrogenada, em Vista Alegre do Alto - SP, 2009 a 2012.

Apesar da relativa escassez na literatura a respeito de informações sobre o balanço catiônico do solo, resultados semelhantes foram verificados por Teixeira et al. (2005), indicando diminuição da saturação por bases sob efeito da aplicação de N em plantio de coqueiro, detectado até a acamada de 20-40 cm. Na cultura da banana, também houve diminuição dos valores pH em função da aplicação de doses crescentes de N (0; 200; 400 e 800 kg $ha^{-1}$ $ano^{-1}$ de N), apresentando decréscimo de cerca de uma unidade de pH, de 5,1 para 4,1, após dois anos de cultivo, na camada superficial de um Latossolo Vermelho eutroférrico típico (TEIXEIRA et al., 2001). Este efeito sugere que áreas com aplicações contínuas de N na forma amídica ou amoniacal devem ser monitoradas, especialmente em relação à acidez do solo (TEIXEIRA et al., 2011).

A prática agrícola indica que a acidificação ocorre mais intensamente na projeção da copa das árvores, devido à aplicação de adubo nitrogenado, aos resíduos orgânicos e ao acúmulo de material vegetal resultante das podas (NATALE et al., 2012).

O balanço [K | Ca, Mg] variou em função da adubação potássica nas camadas 0-20 e 20-40 cm, na linha da cultura (Figura 4). A adição do fertilizante potássico não alterou os valores de H+Al do solo, mas aumentou a concentração de K e diminuiu as concentrações de Ca e Mg no solo, principalmente na camada de 20-40 cm (Figuras 5 e 6). Resultados semelhantes foram relatados por Bull et al. (1998), que observaram elevação da relação K/(Ca+Mg) com o aumento da aplicação de potássio, no cultivo de alho em casa de vegetação, utilizando a camada superficial (0-20 cm) de um Latossolo Vermelho-Escuro.

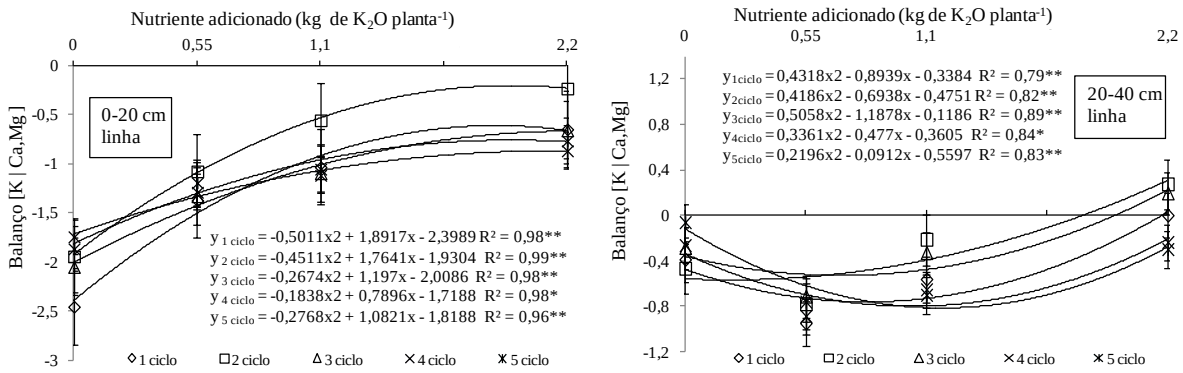



**Figura 4** – Balanço [K | Ca, Mg] na linha, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, em função da adubação potássica em Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, cultivado com goiabeiras ‘Paluma’. Barras verticais em cada ponto representam os desvios-padrão das médias. Vista Alegre do Alto - SP, 2009 a 2012.

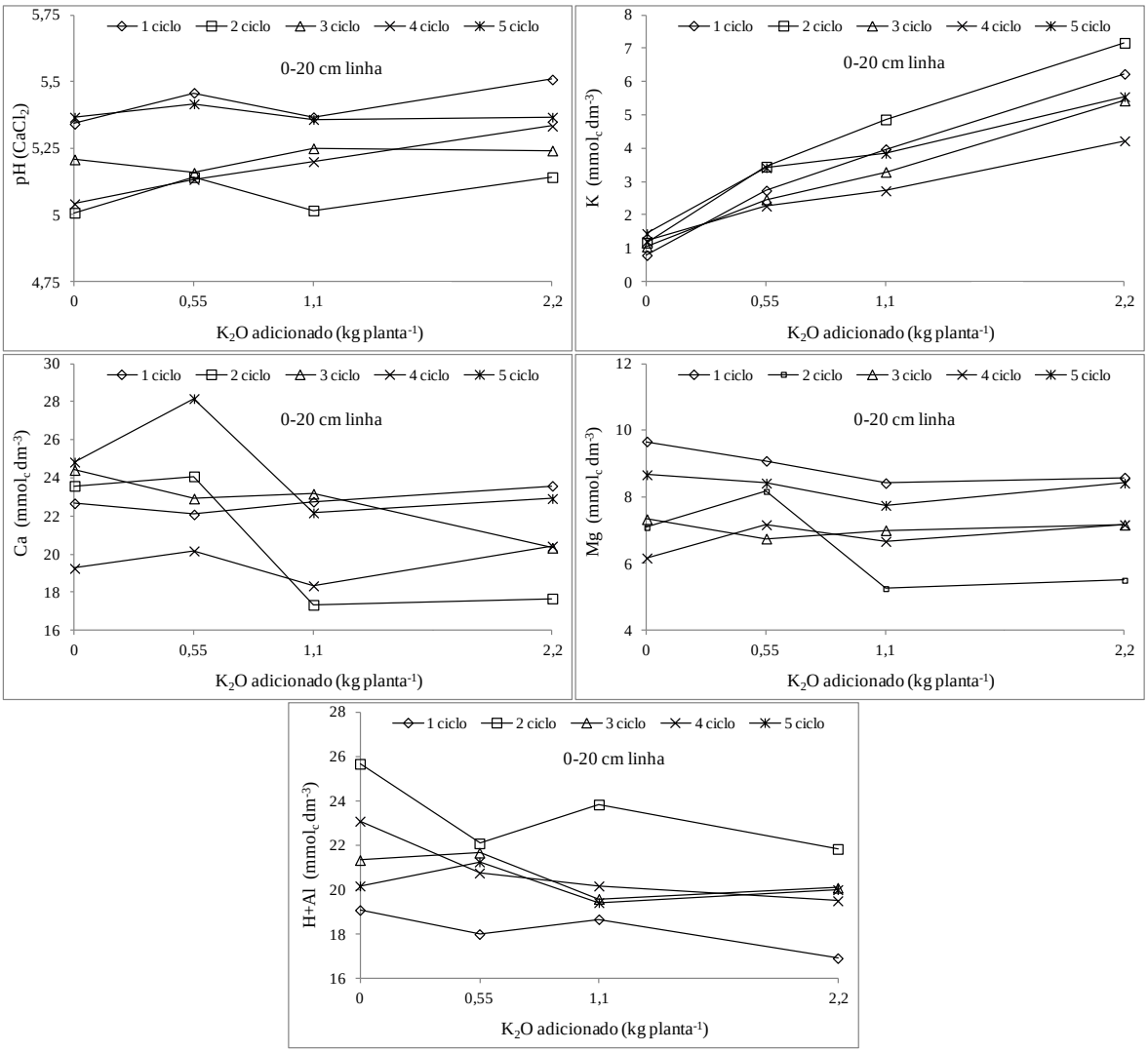



**Figura 5** – Mudança sazonal nos valores medianos das propriedades químicas do solo, em Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, na camada de 0-20 cm na linha, em pomar de goiabeira 'Paluma', em resposta à adubação potássica, em Vista Alegre do Alto - SP, 2009 a 2012.

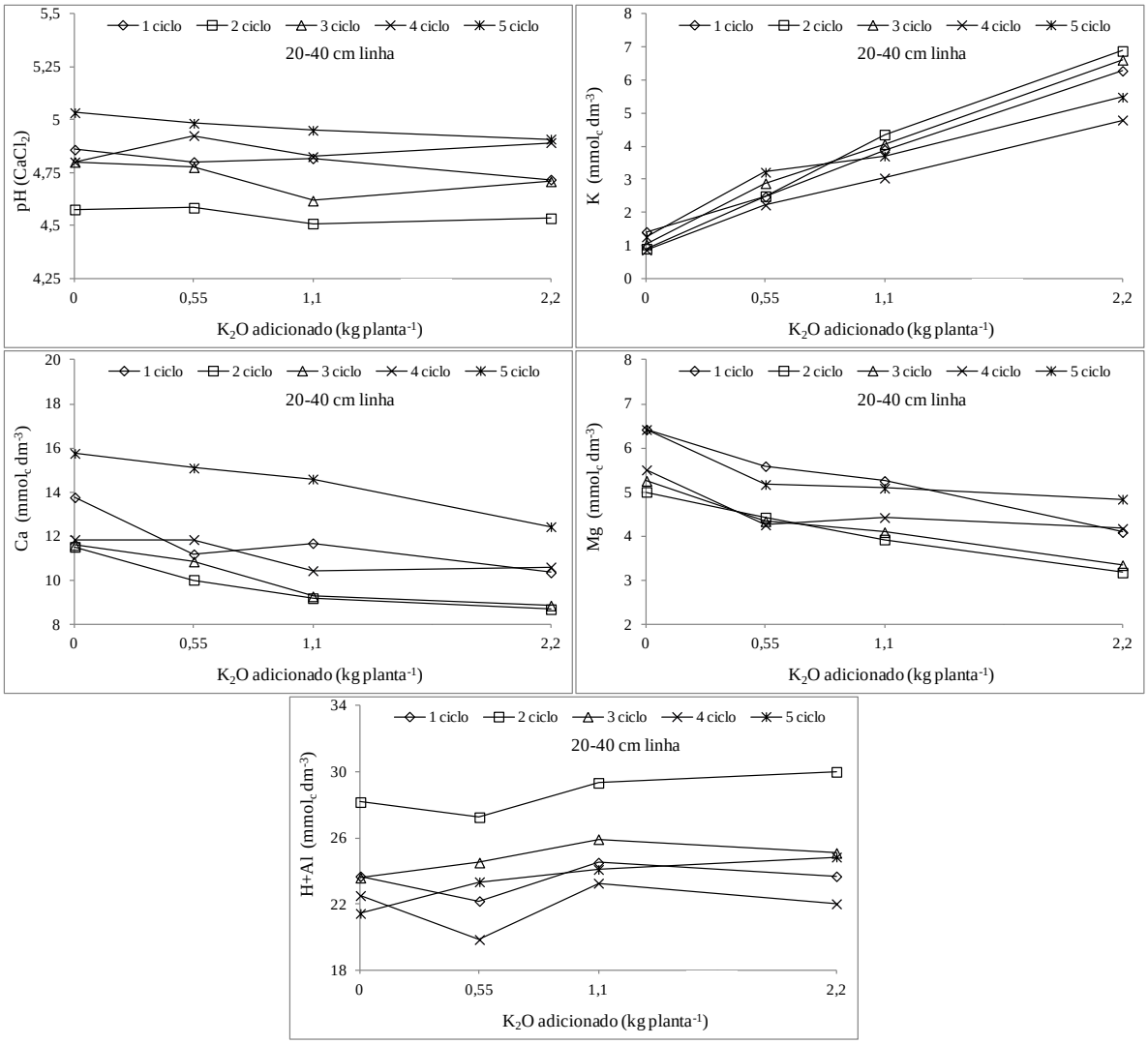



**Figura 6** – Mudança sazonal nos valores medianos das propriedades químicas do solo, em Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, na camada de 20-40 cm na linha, em pomar de goiabeira 'Paluma', em resposta à adubação potássica, em Vista Alegre do Alto - SP, 2009 a 2012.

Teixeira et al. (2001) também verificaram incrementos significativos nas concentrações de K no solo, fertilizado com doses de potássio (0; 300; 600 e 900 kg $ha^{-1}$ de $K_2O$ $ano^{-1}$) em Latossolo Vermelho eutroférrico típico, em pomar de bananeiras. Na cultura do coco-anão, Teixeira et al. (2005) constataram incremento linear das concentrações de K no solo, na camada de 0 -20 cm e 20-40 cm, em função de doses crescentes de adubo potássico. Os autores ressaltam o marcante efeito da adubação potássica na lixiviação de K, devido ao incremento da concentração do nutriente na camada de 20 a 40 cm.

O balanço [K | Ca, Mg] médio variou em função da adubação nitrogenada, na camada de 20-40 cm na linha da cultura. A equação quadrática foi a que melhor se ajustou, representada por $y_{[K \mid Ca, Mg]\ médio} = 0,0991x^2 - 0,1369x - 0,7579$ ($R^2 = 0,89$**). Isto se deve ao estímulo do nitrogênio na absorção dos nutrientes do solo, acarretando diminuição no valor do balanço, devido à maior necessidade de K pela planta e, também, devido à maior concentração de Ca e Mg no solo.

O balanço [Ca | Mg] médio apresentou efeito significativo na linha da cultura, na camada de 20-40 cm do solo, em função da adubação nitrogenada e potássica. As equações lineares foram as que melhor se ajustaram, representadas por $y = 0,0377x + 0,5978$ ($R^2 = 0,99$*) e $y = 0,0356x + 0,5965$ ($R^2 = 0,82$**), respectivamente, para doses de nitrogênio e potássio. A adubação nitrogenada induz a maior absorção de nutrientes, e a adubação potássica aumenta a competição dos cátions do solo pelos sítios de absorção da planta, sendo o balanço deslocado para o lado do Ca, nas duas situações, por este apresentar quantidade significativamente maior que o Mg no solo (Figuras 3 e 6). Resultado semelhante foi observado por Hernandes et al. (2012), que verificou efeito significativo apenas para o balanço [Ca | Mg] médio em resposta a adubação nitrogenada, não encontrando resposta significativa para a adubação potássica.

Na entrelinha do pomar, não foi observado efeito significativo dos tratamentos sobre os balanços estudados, com exceção para o balanço [K | Ca, Mg], no quarto e quinto ciclos de cultivo, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, em resposta à adubação potássica (Figura 7). Apesar de a entrelinha do pomar não ter recebido aplicação de

adubo potássico, o incremento nos valores do balanço ocorreu, provavelmente, em decorrência da declividade de 20% da área experimental e, consequentemente, do incremento nos valores de K no solo (Figuras 8 e 9).

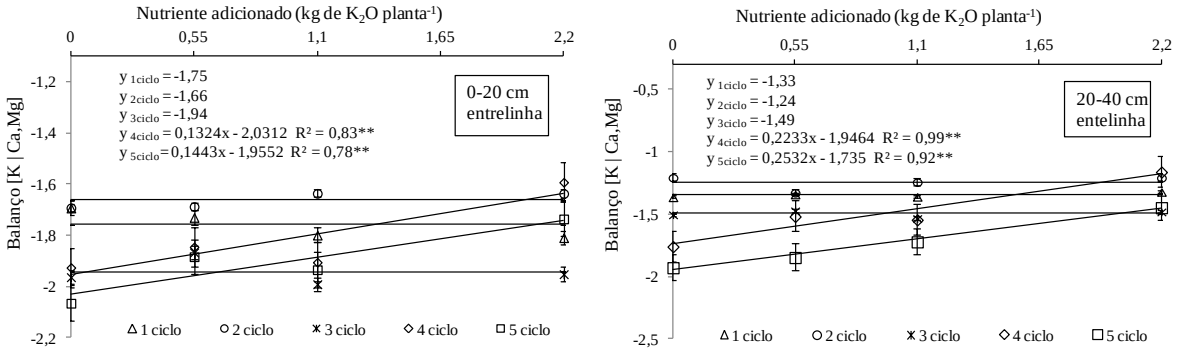



**Figura 7** – Balanço [K | Ca, Mg], na entrelinha, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, em função da adubação potássica, em Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, cultivado com goiabeira 'Paluma'. Barras verticais em cada ponto representam os desvios-padrão das médias. Vista Alegre do Alto - SP, 2009 a 2012.

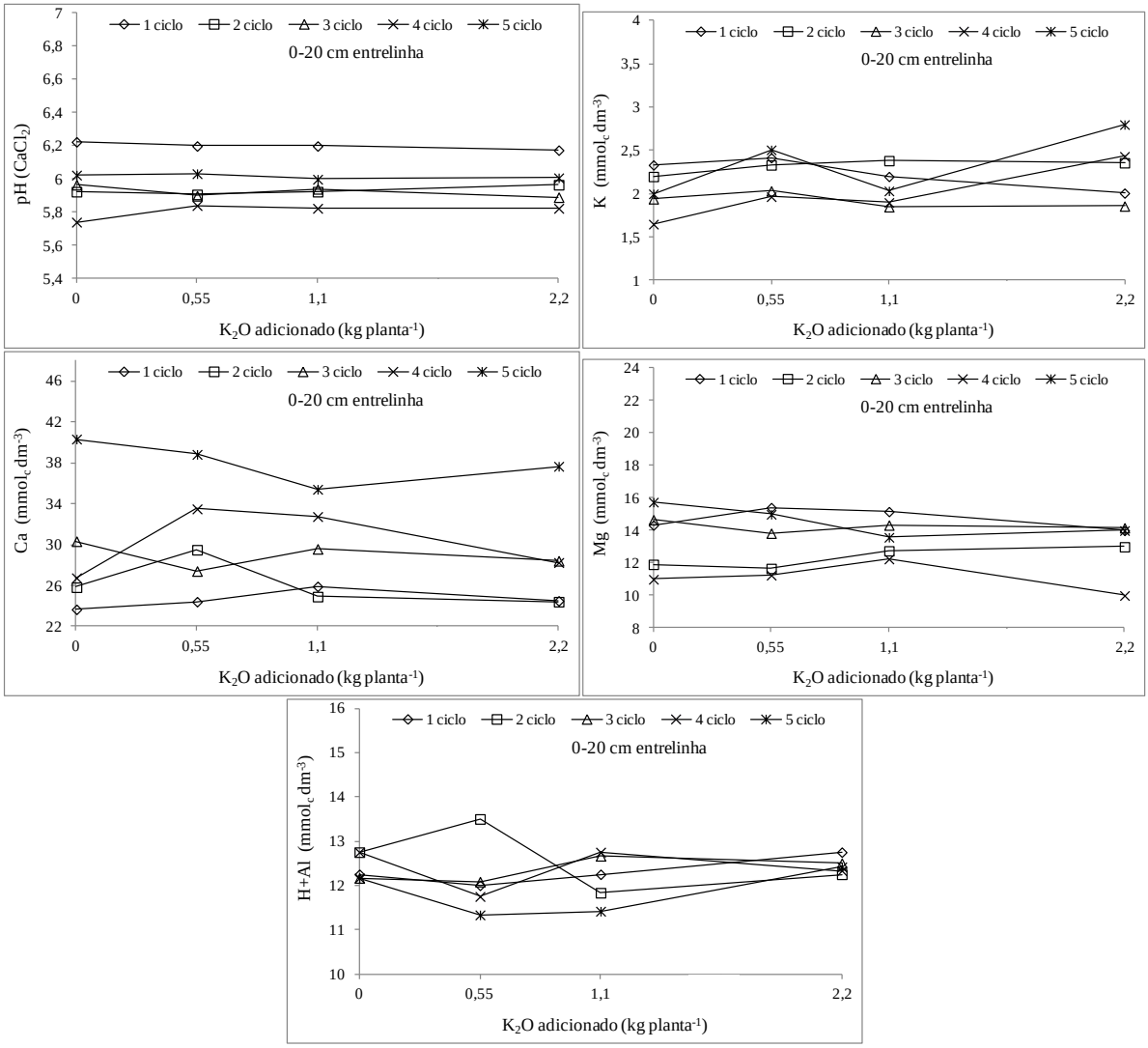



**Figura 8** – Mudança sazonal nos valores medianos das propriedades químicas do solo, em Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, na camada de 0-20 cm na entrelinha, em pomar de goiabeira 'Paluma', em resposta à adubação potássica, em Vista Alegre do Alto - SP, 2009 a 2012.

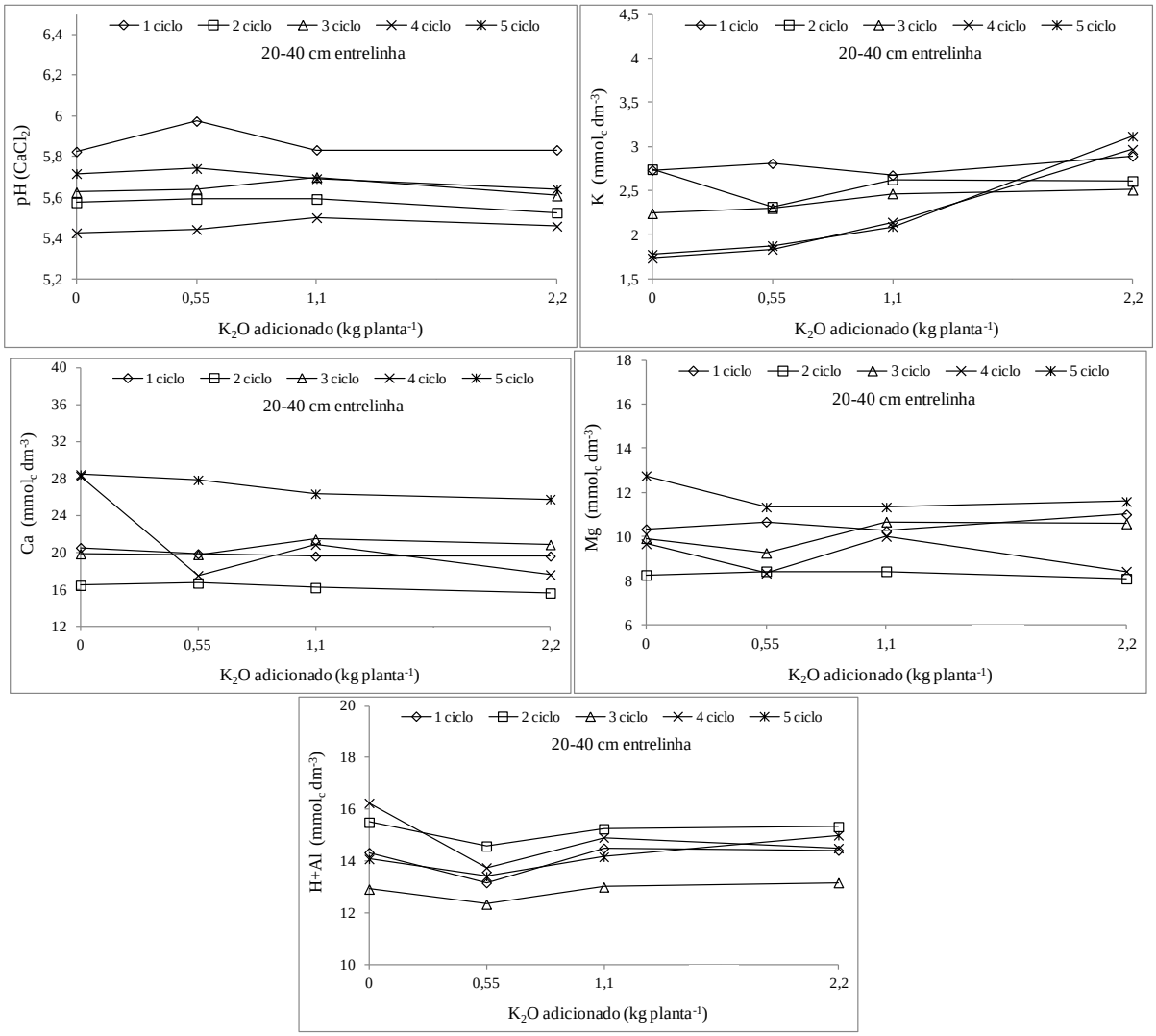



**Figura 9** – Mudança sazonal nos valores medianos das propriedades químicas do solo, em Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, na camada de 20-40 cm na entrelinha, em pomar de goiabeira 'Paluma', em resposta à adubação potássica, em Vista Alegre do Alto - SP, 2009 a 2012.

Parent et al. (2012b) também utilizou o conceito das coordenadas *ilr* para estudar o efeito da adubação nitrogenada e potássica no solo. Apesar de ter utilizado configuração diferente das empregadas neste estudo para os balanços do solo, o autor verificou que a adubação nitrogenada diminuiu os balanços do solo [K | Ca, Mg, H+Al] e [Ca, Mg | H+Al] e aumentou o balanço [Ca | Mg], em pomar de goiabeiras 'Rica', em ambas as camadas (0 -20 e 20 – 40 cm) de um Argissolo Vermelho-Amarelo, argila de atividade baixa, eutrófico, abrupto, A moderado e textura arenosa/argilosa, na área de maior concentração do sistema radicular das plantas. Em pomar com a cultivar 'Paluma', os tratamentos com doses de N diminuíram os balanços do solo [Ca, Mg | H+Al] e [Ca | Mg], em ambas as camadas de um Latossolo Vermelho-Amarelo, epieutrófico, endodistrófico, A moderado e textura média, na área de maior concentração do sistema radicular das plantas. Por outro lado, os tratamentos com doses de K aumentaram o balanço do solo [K | Ca, Mg, H+Al], em ambas as camadas do solo, tanto nos pomares de 'Rica' e como de 'Paluma'. Parent et al. (2012b) explica, ainda, que a adubação nitrogenada diminuiu o pH do solo, já que o $N\text{-}NH_4$ acidifica a rizosfera, decorrente da nitrificação ou da absorção de amônio pelas raízes, mas estimula o crescimento da planta e, consequentemente, a absorção de nutrientes, levando à diminuição de K, Ca e Mg no solo. Já os tratamentos com doses de potássio não alteraram o pH, mas aumentaram a concentração de K no solo e não alteraram as concentrações de Ca e Mg.

Através da correlação linear de Pearson, verificou-se alta correlação com o balanço [K, Ca, Mg | H+Al] e o pH do solo (Figura 10), mostrando que a diminuição dos valores do balanço ocasiona a diminuição do pH do solo. O índice de correlação apresentou elevado valor, de 0,98 e 0,97, para as camadas de 0-20 e 20-40 cm, respectivamente, mostrando a estreita relação existente entre o balanço [K, Ca, Mg | H+Al] e o pH do solo.

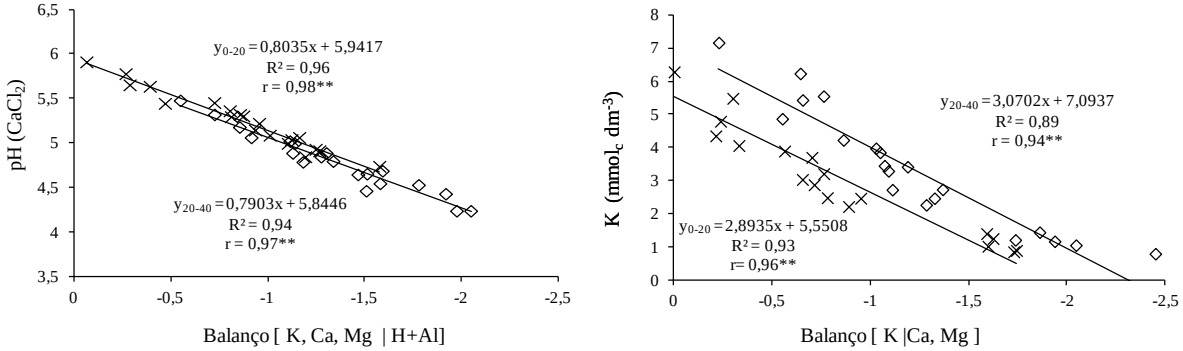



**Figura 10** – Correlação entre o balanço [K, Ca, Mg | H+Al] e pH ($CaCl_2$) e correlação entre o balanço [K | Ca, Mg] e a concentração de K trocável no solo, em Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, cultivado com goiabeira 'Paluma'. Vista Alegre do Alto - SP, 2009 a 2012.

O balanço [K | Ca, Mg] apresentou alta correlação com a concentração de K no solo (Figura 10), indicando que o aumento do balanço em resposta à adubação potássica, também corresponde ao aumento da concentração de K no solo. Observou-se que a dose de 0,55 kg de $K_2O$ planta$^{-1}$ciclo$^{-1}$ foi suficiente para manter os valores do balanço [K| Ca, Mg], em todos os ciclos avaliados, acima de -1,4 e -1,8 nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, respectivamente (Figura 3), correspondente a valores superiores a 1,6 $mmol_c$ $dm^{-3}$ de K no solo (Figura 10). De acordo com os padrões de fertilidade propostos por Raij et al. (1997), deve-se manter os solos dos pomares nas classes de concentrações médias (1,6 a 3,0 $mmol_c$ $dm^{-3}$ de K no solo), evitando, assim, deficiência ou excesso, pois ambos podem limitar a produtividade e a qualidade do produto colhido.

Parent et al. (2012b), estudando o equilíbrio catiônico do solo em pomar de goiabeira 'Paluma', verificou alta correlação entre o balanço [Ca, Mg | H+Al] e a concentração de K no solo, encontrando valor de 0,9 para o coeficiente de correlação linear de Pearson, sendo esse valor inferior aos encontrados para a correlação entre o balanço [K | Ca, Mg] e a concentração de K no solo, que foi de 0,96 e 0,94 para as camadas de 0-20 e 20-40 cm, respectivamente.

A variação dos balanços do solo pode estar associada às diferenças nas condições ambientais reinantes nos períodos em que as amostragens foram realizadas, mostrando que a coleta de solo em diferentes épocas resulta em variação nos balanços do solo (Figuras 11 a 13). Orlando et al. (1977) constataram variação sazonal dos atributos químicos (pH, Ca, Mg, K e H+Al), em um Latossolo

Vermelho-Escuro, coletado em diferentes períodos do ano. De acordo com os autores, as determinações do pH e do potássio foram as mais afetadas pelo teor de umidade das amostras de solo, sendo que esta influência não tem importância prática para o caso do potássio, em função dos teores-padrão utilizados.

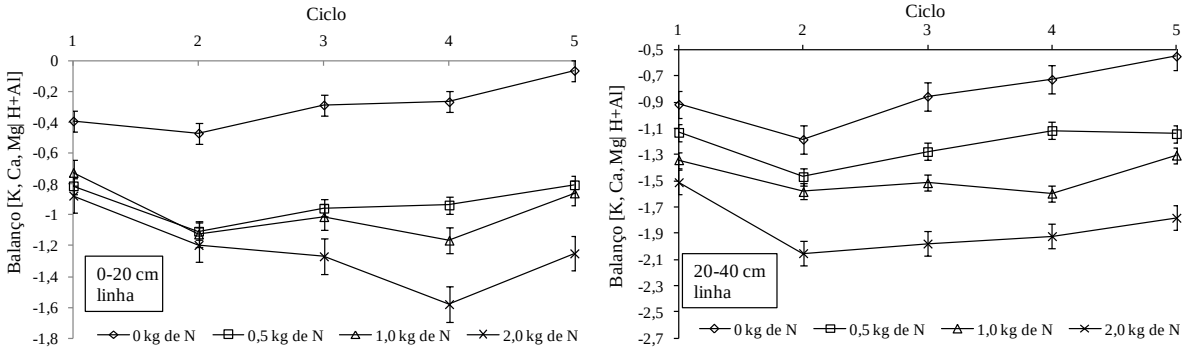



**Figura 11** – Sazonalidade do balanço [K, Ca, Mg | H+Al] em função da adubação nitrogenada, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, na linha, em pomar de goiabeira 'Paluma'. Barras verticais em cada ponto representam os desvios-padrão das médias. Vista Alegre do Alto - SP, 2009 a 2012.

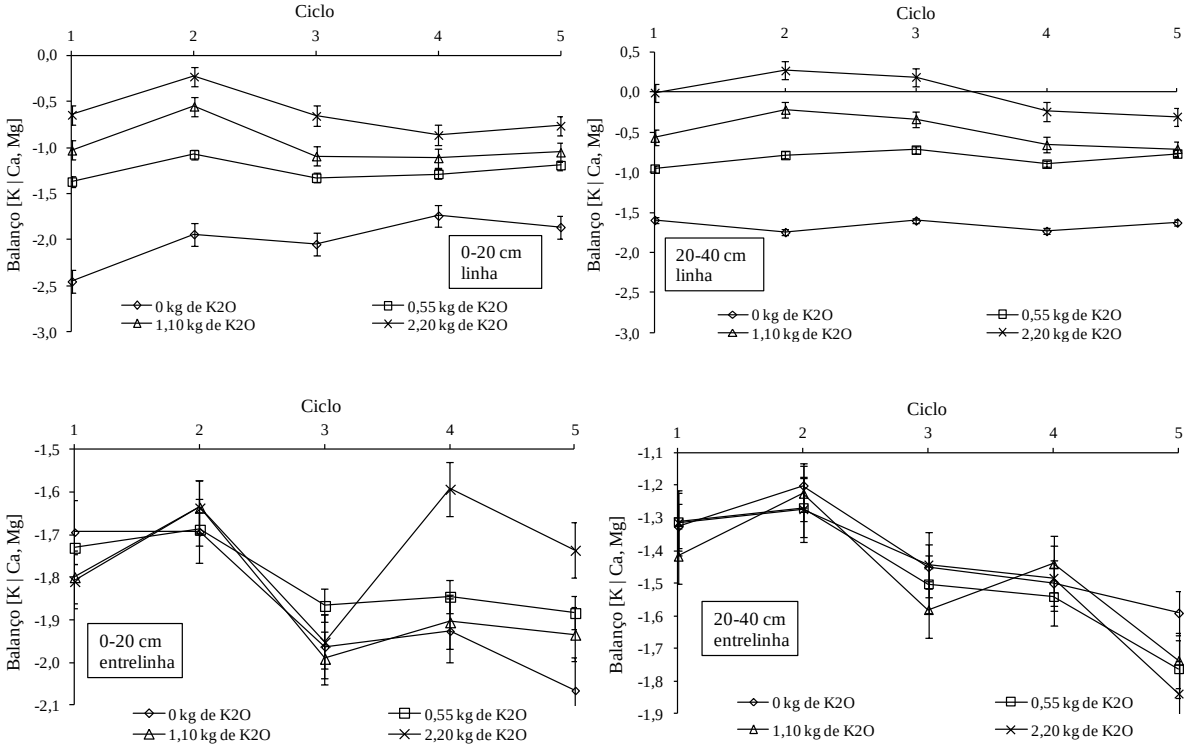



**Figura 12** – Sazonalidade do balanço [K | Ca, Mg] em função da adubação potássica, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, na linha e na entrelinha, em pomar de goiabeira 'Paluma'. Barras verticais em cada ponto representam os desvios-padrão das médias. Vista Alegre do Alto - SP, 2009 a 2012.

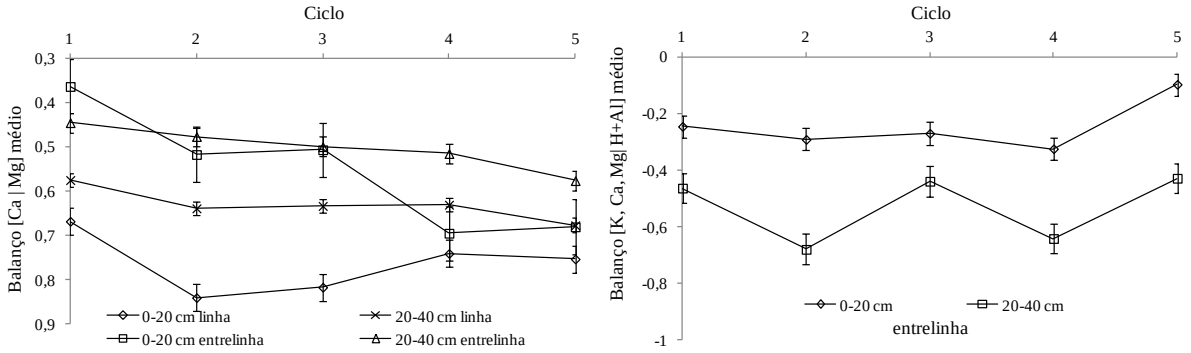



**Figura 13** – Sazonalidade do balanço [Ca | Mg] médio, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, na linha e na entrelinha, e do balanço [K, Ca, Mg | H+Al] médio, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, na entrelinha, em pomar de goiabeira 'Paluma'. Barras verticais em cada ponto representam os desvios-padrão das médias. Vista Alegre do Alto - SP, 2009 a 2012.

Abreu et al. (2007), avaliando a influência da sazonalidade na composição química do solo, verificaram que, na época mais chuvosa e de inundação mais intensa da várzea em um Gleissolo Háplico eutrófico, correspondente ao mês de fevereiro, houve aumento no pH e decréscimo no Mg e no Al trocável; e no período de menor umidade do solo, maio e agosto, a saturação por bases e a CTC foram mais elevadas. Resultados semelhantes também foram relatadas por Childs e Jencks (1967), demostrando que os atributos químicos do solo (pH, K, Ca, Mg) apresentaram variação em função dos diferentes períodos de coleta. Apesar da dificuldade de explicar tais variações, Orlando et al. (1997) e Childs e Jencks (1967) indicam que temperatura e umidade são importantes causas dessas alterações.

## 3.4. CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada diminuiu os valores do balanço [K, Ca, Mg | H+Al] e, consequentemente, o valor do pH do solo, enquanto a adubação potássica aumentou os valores do balanço [K | Ca, Mg] e, consequentemente, a concentração de K no solo. A dose de 0,55 kg de $K_2O$ planta$^{-1}$ ciclo$^{-1}$ foi suficiente para manter a concentração de K no solo acima de 1,6 mmol$_c$ dm$^{-3}$ (teor médio mínimo de K no solo), na linha do pomar de goiabeiras. Os valores dos balanços estudados sofreram influência da época de coleta do solo.

## 3.5. REFERÊNCIAS


BÜLL, L. T.; VILLAS BÔAS, R. L.; NAKAGAWA, J. Variações no balanço catiônico do solo induzidas pela adubação potássica e efeitos na cultura do alho vernalizado. **Scientia Agrícola,** Piracicaba, v. 55, n. 3, p. 456-464, 1998.

CHILDS, F. D.; JENCKS, E. M. Effect of time and depth of sampling upon soil test results. **Agronomy journal**, Madison, v. 59, n. 6, p. 537-540, 1967.

EGOSZCU, J. J.; PAWLOWSKY-GLAHN, V. Análisis composicional de datos en Ciencias Geoambientales. **Boletín Instituto Geológico y Minero**, Madrid, v. 122, p. 439-452, 2011.

EGOSZCU, J. J.; PAWLOWSKY-GLAHN, V. Groups of parts and their balances in compositional data analysis. **Mathematical Geology**, New York, v. 37, p. 795-828, 2005.

EGOZCUE J. J.; PAWLOWSKY-GLAHN, V.; MATEU-FIGUERAS, G.; BARCELO-VIDAL, C. Isometric logratio transformations for compositional data analysis. **Mathematical Geology**, Caldwell, v. 35, p. 279 – 300, 2003.

FILSMOSER, P.; HRON, K. Robust statistical analysis. In: PAWLOWSKY-GLAHN, V.; BUCCIANTI, A. (Eds.). **Compositional data analysis**: theory and applications, New York, John Wiley and Sons, 2011. p. 57-72.

HERNADES, A.; PARENT, S.; NATALE, W.; PARENT, L. E. Balancing guava nutrition with liming and fertilization. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 4, p. 1224-1234, 2012.

IBGE. **Produção agrícola municipal**, Rio de Janeiro, v. 38, 2011, 97 p.

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

NATALE, W. Adubação, nutrição e calagem na goiabeira. In: NATALE, W.; ROZANE, D. E.; SOUZA, H. A.; AMORIM, D. A. (Eds). **Cultura da goiaba do plantio à comercialização.** FCAV/Capes/CNPq/FAPESP/Fundunesp/SBF, Jaboticabal, Brasil, 2009, p. 257-280.

NATALE, W.; ROZANE, D. E.; PARENT, L. E.; PARENT, S. Acidez do solo e calagem em pomares de frutíferas tropicais. **Revista Brasileira de Fruticultura,** Jaboticabal, v. 34, n. 4, p. 1294-1306, 2012.

ORLANDO FILHO, J.; ZAMBELLO JR, E.; GLÓRIA, N. A. Influência sazonal nos resultados das analises químicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Campinas, n. 1, p. 62-65, 1977.

PARENT, L. E. Diagnosis of the nutrient compositional space of fruit crops. **Revista Brasileira de Fruticultura,** Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 321-334, 2011.

PARENT, L. E.; de ALMEIDA, C. X.; PARENT, S. E.; HERNADES, A.; EGOSCUE, J. J.; KATTERNES, T.; GULSER, C.; BOLINDER, M. A.; ANDRÉN, O.; ANCTIL, F.; CENTURION, J. F.; NATALE, W. Compositional analysis for an unbiased measure of soil aggregation. **Geoderma**, Amsterdam, v. 179, p. 123-131, 2012a.

PARENT, L. E.; KARAM, A.; PARENT, L. E.; Compositional modeling of C mineralization os orgnic materials in soils. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF AGRICULTURAL WASTE MANAGEMENT, 2., 2011, Foz do Iguaçu. **Proceedings…**, Foz do Iguaçu, Brazil, 2011.

PARENT, S. E.; PARENT, L. E.; ROZANNE, D. E.; HERNANDES, A.; NATALE, W. Nutrient Balance as Paradigm of Soil and Plant Chemometrics. In: ISSAKA, R. N. (ed.) **Soil Fertility**. New York, InTech Publications, p. 83-114, 2012b. http://dx.doi.org/10.5772/53343

RAIJ B. van; **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: IPNI, 2011. 420 p.

RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico/Fundação IAC (Boletim Técnico 100), 1997. 298 p.

TEIXEIRA, L. A. J.; BATAGLIA, O. C.; BUZETTI, S.; FURLANI JUNIOR, E. Adubação com NPK em coqueiro anão-verde (*Cocos nucifera* L.) – Atributos químicos do solo e nutrição de plantas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 115-119, 2005.

TEIXEIRA, L. A. J.; NATALE, W. RUGGIERO, C. Alteração em alguns atributos químicos do solo decorrentes da irrigação e adubação nitrogenada e potássica em bananeira após dois ciclos de cultivo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 684-689, 2001.

TEIXEIRA, L. A. J.; TECCHIO, M. A.; MOURA, M. F.; TERRA, M. M.; PIRES, E. J. P.; HERNADES, J. L. Alterações em atributos químicos de um solo submetido à adubação e cultivado com videira ‘niagara rosada’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 3, p. 983-992, 2011.

# APÊNDICES

**Tabela 1A –** Valores de F obtidos pela análise de variância dos balanços foliares em pomar de goiabeira ‘Paluma’

| | Ciclo | [N, P, S \| K, Ca, Mg] | [N, P\|S] | [N \| P] | [K \| Ca, Mg] | [Ca \| Mg] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Nitrogênio (N) | - | 16,35** | 4,41** | 93,96** | 0,71ns | 0,93ns |
| Potássio (K) | - | 1,29ns | 0,77ns | 2,32ns | 15,01** | 2,95** |
| N x K | - | 1,09ns | 0,84ns | 1,09ns | 0,92ns | 1,19ns |
| Ciclo (C) | - | 33** | 4,01** | 69,31** | 10,41** | 83,63** |
| N x C | - | 2,43** | 1,64ns | 7,47** | 0,68 | 1,59ns |
| | 1 | ns | | ns | | |
| | 2 | Q** | | Q** | | |
| | 3 | L** | ns | Q** | ns | ns |
| | 4 | Q* | | Q** | | |
| | 5 | Q** | | Q** | | |
| K x C | - | 0,81ns | 1,72ns | 1,12ns | 3,4** | 0,39ns |
| | 1 | | | | ns | ns |
| | 2 | | | | L** | ns |
| | 3 | ns | ns | ns | L* | ns |
| | 4 | | | | L** | L* |
| | 5 | | | | L** | L** |
| N x K x C | - | 0,88ns | 1,31ns | 1,43ns | 0,54ns | 1,03ns |

ns, * e **, não significativo, significativo a 0,05 e significativo a 0,01, respectivamente. Ajuste L = linear Q = quadrático

**Tabela 2A** – Valores de F obtidos pela análise de variância dos balanços catiônicos em pomar de goiabeira ‘Paluma’

| | Ciclo | linha | | | | | | entrelinha | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | [K, Ca, Mg \| H+Al] | | [K \| Ca, Mg] | | [Ca \| Mg] | | [K, Ca, Mg \| H+Al] | | [K \| Ca, Mg] | | [Ca \| Mg] | |
| Camada (cm) | | 0-20 | 20-40 | 0-20 | 20-40 | 0-20 | 20-40 | 0-20 | 20-40 | 0-20 | 20-40 | 0-20 | 20-40 |
| Nitrogênio (N) | - | 29,58** | 43,51** | 1,59$^{ns}$ | 4,23** | 0,84$^{ns}$ | 2,84* | 0,91$^{ns}$ | 0,8$^{ns}$ | 0,74$^{ns}$ | 1,04$^{ns}$ | 1,3$^{ns}$ | 0,66$^{ns}$ |
| Potássio (K) | - | 8,39** | 3,48** | 234,46** | 30,69** | 0,85$^{ns}$ | 3,67** | 0,34$^{ns}$ | 0,25$^{ns}$ | 3,36* | 10,3** | 0,36$^{ns}$ | 0,19$^{ns}$ |
| N x K | - | 1,86$^{ns}$ | 1,29$^{ns}$ | 1,27$^{ns}$ | 1,44$^{ns}$ | 1,13$^{ns}$ | 1,71$^{ns}$ | 1,86$^{ns}$ | 1,51$^{ns}$ | 0,87$^{ns}$ | 0,55$^{ns}$ | 1,0$^{ns}$ | 1,36$^{ns}$ |
| Ciclo (C) | - | 16,84** | 20,3** | 17,02** | 11,73** | 9,94** | 2,21$^{ns}$ | 12,37** | 21,86** | 11,65** | 31,47** | 47,83** | 4,14** |
| N x C | - | 2,52** | 2,39** | 0,97$^{ns}$ | 0,4$^{ns}$ | 1,70$^{ns}$ | 1,35$^{ns}$ | 0,7$^{ns}$ | 1,49$^{ns}$ | 0,91$^{ns}$ | 0,94$^{ns}$ | 0,79$^{ns}$ | 0,93$^{ns}$ |
| | 1 | L** | L** | | | | | | | | | | |
| | 2 | Q** | L** | | | | | | | | | | |
| | 3 | Q** | L** | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| | 4 | Q** | L** | | | | | | | | | | |
| | 5 | Q** | L** | | | | | | | | | | |
| K x C | - | 1,51$^{ns}$ | 0,64$^{ns}$ | 4,83** | 3,61** | 0,98$^{ns}$ | 1,35$^{ns}$ | 1,25$^{ns}$ | 0,29$^{ns}$ | 1,89* | 3,5** | 1,53$^{ns}$ | 0,36$^{ns}$ |
| | 1 | | | Q** | Q** | | | | | ns | ns | | |
| | 2 | | | Q** | Q** | | | | | ns | ns | | |
| | 3 | ns | ns | Q** | Q** | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| | 4 | | | Q* | Q* | | | | | L** | L** | | |
| | 5 | | | Q** | Q** | | | | | L** | L** | | |
| N x K x C | - | 0,45$^{ns}$ | 0,76$^{ns}$ | 0,89$^{ns}$ | 1,22$^{ns}$ | 1,43$^{ns}$ | 1,27$^{ns}$ | 0,76$^{ns}$ | 0,71$^{ns}$ | 0,7$^{ns}$ | 0,65$^{ns}$ | 0,64$^{ns}$ | 0,69$^{ns}$ |

$^{ns}$, * e **, não significativo, significativo a 0,05 e significativo a 0,01, respectivamente. Ajuste L = linear Q = quadrático