

ROBERTO LUSTOSA SILVA

**PARTIÇÃO DE BIOMASSA E DE NUTRIENTES E EFICIÊNCIA  
NUTRICIONAL EM MANGUEIRA ‘PALMER’ IRRIGADA NA REGIÃO DO  
SUBMÉDIO VALE DO SÃO FRANCISCO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2018

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

S586p  
2018  
Silva, Roberto Lustosa, 1988-  
Partição de biomassa e de nutrientes e eficiência nutricional  
em mangueira 'Palmer' irrigada na região do Submédio Vale do  
São Francisco / Roberto Lustosa Silva. – Viçosa, MG, 2018.  
xii, 50 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Renildes Lúcio Ferreira Fontes.  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Referências bibliográficas: f. 48-50.

1. Manga - Nutrição. 2. Manga - Cultivo - São Francisco,  
Rio, Vale. 3. Biomassa vegetal. I. Universidade Federal de  
Viçosa. Departamento de Solos. Programa de Pós-Graduação em  
Solos e Nutrição de Plantas. II. Título.

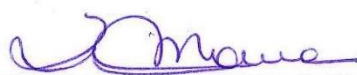
CDD 22. ed. 634.44898142

ROBERTO LUSTOSA SILVA

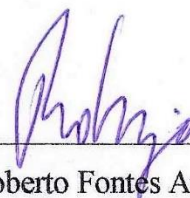
**PARTIÇÃO DE BIOMASSA E DE NUTRIENTES E EFICIÊNCIA  
NUTRICIONAL EM MANGUEIRA 'PALMER' IRRIGADA NA REGIÃO DO  
SUBMÉDIO VALE DO SÃO FRANCISCO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 03 de julho de 2018.



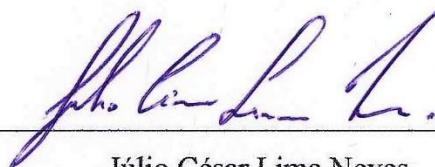
Waldênia de Melo Moura



Roberto Fontes Araújo



Carlos Eduardo Magalhães dos Santos



Júlio César Lima Neves  
(Coorientador)



Renildes Lúcio Ferreira Fontes  
(Orientador)

À minha família, por todo apoio e carinho e pelo estímulo para que esse objetivo fosse alcançado.

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois tudo que possuo foi providência dele.

À minha família, em especial aos meus pais Irene Folha Lustosa e João Avelino Silva, as minhas irmãs Ana Lúcia Lustosa Silva e Ana Karolina Lustosa Silva, aos meus sobrinhos Lavínia Lustosa Matias e Theo dos Santos Silva, e aos meus cunhados José Humberto Nery Nascimento e Clemilton Ferreira dos Santos pelo apoio, consideração e amizade com o qual me tratam, e a todos aqueles, familiares ou não, que torcem por mim e pela minha vitória.

A Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, pela oportunidade de cursar o Doutorado. Foram quatro anos de crescimento pessoal e principalmente profissional e a oportunidade de fazer uma Pós-Graduação em uma das mais renomadas universidades brasileiras, foi algo grandioso para mim.

A Universidade Federal do Vale do São Francisco pelo apoio na execução do trabalho e ao coordenador do laboratório de química e fertilidade do solo o Prof. Dr. Augusto Miguel Nascimento Lima, por ceder o espaço, estrutura e reagentes para a realização das análises.

Ao professor Dr. Maurício Paulo Ferreira Fontes, que por meio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD), deu todo o apoio financeiro para a realização do trabalho.

As Empresas Herculano Agrícola, Fazenda Timbaúba (Grupo Queiroz Galvão) e ao senhor Francisco Pinto, por cederem as plantas necessárias a realização do estudo.

Ao meu orientador o Prof. Dr. Renildes Lúcio Ferreira Fontes pela orientação, palavras de incentivo e pela forma muito bem que sempre me tratou.

Aos meus coorientadores os professores Dr. Júlio César Lima Neves, Dr. Augusto Miguel Nascimento Lima, Dr<sup>a</sup>. Emanuelle Mercês Barros Soares e Dr. Hugo Alberto Ruiz, pela coorientação e pelo apoio na elaboração e execução do projeto.

A minha companheira Camila Israela Freire Silva Carvalho, pelo apoio, palavras de incentivo e a ajuda no trabalho árduo realizado no campo e laboratório.

Aos coordenadores do programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, os professores Dr. Liovando Marciano da Costa e Dr. Raphael Bragança Alves Fernandes pelo cuidado e apreço com o corpo discente do programa.

Ao Prof. Dr. Ítalo Herbert Lucena Cavalcante, líder do grupo de pesquisa Fruticultura no Vale do São Francisco (FRUTVASF), pelo apoio na realização do trabalho e por ceder a infraestrutura e a colaboração dos membros do grupo de pesquisa no árduo trabalho de campo.

Ao Pós-doutorando Jailson Cavalcante Cunha pelo auxílio na parte analítica, pela amizade e principalmente pelas palavras de incentivo na busca dos meus objetivos.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES (agosto de 2014/ março de 2017) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (abril de 2017/ maio de 2018) pela concessão da bolsa de estudo.

Aos amigos que contribuíram direto e indiretamente, para que eu pudesse alcançar esse objetivo.

Aos professores que contribuíram na melhoria dos meus conhecimentos, e a todos aqueles que de forma direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse estudo.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	vi
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	viii
<b>RESUMO</b> .....	ix
<b>ABSTRACT</b> .....	xi
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	4
2.1 Caracterização das áreas de estudo .....	4
2.2 Amostragem e análises do solo das áreas estudadas .....	8
2.3 Amostragem das plantas e seu particionamento.....	10
2.4 Análises do tecido vegetal.....	11
2.5 Estimativa dos índices de eficiência.....	12
2.6 Análise estatística .....	12
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	13
3.1 Medidas do diâmetro radicular.....	13
3.2 Produção e partição da biomassa.....	15
3.3 Conteúdo dos nutrientes acumulados nas plantas .....	22
3.4 Conteúdo e partição de nutrientes .....	27
3.5 Eficiência nutricional .....	44
<b>4. CONCLUSÕES</b> .....	46
<b>5. REFERÊNCIAS</b> .....	47

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Resumo das características dos pomares de mangueira estudados no Vale do São Francisco.....	7
<b>Tabela 2.</b> Características químicas e granulométrica do solo sob mangueira na região do Submédio Vale do São Francisco.....	9
<b>Tabela 3.</b> Diâmetro do caule das plantas de mangueira ‘Palmer’ com diferentes idades na região do Submédio Vale do São Francisco.....	14
<b>Tabela 4.</b> Biomassa em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.....	15
<b>Tabela 5.</b> Partição de biomassa em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.....	16
<b>Tabela 6.</b> Teores de carbono e macronutrientes sódio e micronutrientes em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.....	17
<b>Tabela 7.</b> Conteúdo de carbono em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.....	27
<b>Tabela 8.</b> Partição de carbono em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.....	28
<b>Tabela 9.</b> Conteúdo de nitrogênio em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.....	28
<b>Tabela 10.</b> Partição de nitrogênio em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.....	29
<b>Tabela 11.</b> Conteúdo de fósforo em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.....	29
<b>Tabela 12.</b> Partição de fósforo em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.....	30
<b>Tabela 13.</b> Conteúdo de potássio em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.....	30
<b>Tabela 14.</b> Partição de potássio em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.....	31
<b>Tabela 15.</b> Conteúdo de cálcio em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.....	31
<b>Tabela 16.</b> Partição de cálcio em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.....	32

<b>Tabela 17.</b> Conteúdo de magnésio em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.....	32
<b>Tabela 18.</b> Partição de magnésio em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.....	33
<b>Tabela 19.</b> Conteúdo de sódio em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.....	33
<b>Tabela 20.</b> Partição de sódio em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.....	34
<b>Tabela 21.</b> Conteúdo de cobre em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.....	37
<b>Tabela 22.</b> Partição de cobre em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.....	37
<b>Tabela 23.</b> Conteúdo de zinco em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.....	38
<b>Tabela 24.</b> Partição de zinco em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.....	38
<b>Tabela 25.</b> Conteúdo de ferro em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.....	39
<b>Tabela 26.</b> Partição de ferro em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.....	39
<b>Tabela 27.</b> Conteúdo de manganês em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.....	40
<b>Tabela 28.</b> Partição de manganês em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.....	40
<b>Tabela 29.</b> Conteúdo de boro em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.....	41
<b>Tabela 30.</b> Partição de boro em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.....	41
<b>Tabela 31.</b> Coeficiente de utilização biológica para produção de frutos pela mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.....	44
<b>Tabela 32.</b> Eficiência de utilização biológica para produção de frutos pela mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.....	46

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Croqui demonstrativo de como as plantas-amostra foram escolhidas aleatorizadas dentro dos pomares.....	10
<b>Figura 2.</b> Distribuição relativa dos teores de carbono e macronutrientes em plantas de mangueira ‘Palmer’, na região do Submédio Vale do São Francisco.....	19
<b>Figura 3.</b> Distribuição relativa dos teores de sódio e micronutrientes em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.....	21
<b>Figura 4.</b> Relação do diâmetro do caule e a idade das plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.....	22
<b>Figura 5.</b> Conteúdos de carbono e macronutrientes em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.....	23
<b>Figura 6.</b> Conteúdos de sódio e micronutrientes em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.....	25

## RESUMO

SILVA, Roberto Lustosa, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2018. **Partição de biomassa e de nutrientes e eficiência nutricional em mangueira ‘Palmer’ irrigada na região do Submédio Vale do São Francisco.** Orientador: Renildes Lúcio Ferreira Fontes. Coorientadores: Júlio César Lima Neves, Augusto Miguel Nascimento Lima, Emanuelle Mercês Barros Soares e Hugo Alberto Ruiz.

A demanda nutricional das plantas de mangueira pode ser estimada usando informações de produtividade, da quantidade de nutrientes acumulados nos diversos órgãos das plantas, da quantidade de nutrientes que retornam ao solo por meio da decomposição dos resíduos da poda e da quantidade de nutrientes exportados pelos frutos. Estas informações, associadas aos fatores edafoclimáticos inerentes à região, permitem recomendações de adubação mais econômicas e equilibradas, respeitando as características individuais de cada variedade. Nesse sentido, foi desenvolvido esse estudo para avaliar a partição de biomassa e de nutrientes e a eficiência nutricional em mangueira ‘Palmer’ irrigada na região do Submédio Vale do São Francisco. As áreas de estudo localizadas nos municípios de Casa Nova – BA e Petrolina – PE, clima semiárido, com precipitação variando de 400 a 800 mm durante o ano. As árvores-amostra, foram abatidas com idades de 1, 2, 4, 7 e 12 anos. Para obtenção da matéria seca e o acúmulo de nutrientes nos compartimentos das plantas de mangueira (cv. Palmer), foi escolhido um talhão com aproximadamente 3 ha, e dentro desse talhão foram distribuídas aleatoriamente 4 parcelas com 20 plantas cada uma; em cada parcela, levando-se em consideração o diâmetro médio do caule das plantas e a homogeneidade da copa, foi escolhida uma planta representativa (planta-amostra). Para obtenção da matéria seca de cada componente das plantas-amostra, foi utilizado o método direto, o qual consistiu na derrubada das plantas. Após o abate das plantas, separou-se os compartimentos em raiz, caule, galho grosso, galho fino, folhas e frutos; em seguida pesou-se em separado, retirando-se uma amostra de cada compartimento para determinação da matéria seca, após secar em estufa a 65 °C até peso constante. Em cada compartimento foi quantificado a matéria seca e o teor de macro e micronutriente. De posse dessas informações foi estimado o conteúdo de cada nutriente acumulado nos compartimentos das plantas. A maior acumulação de biomassa foi determinada nos compartimentos que compõem a copa das mangueiras, seguindo a ordem: galhos grossos > frutos > galhos finos > folhas > caule > raiz. Os

teores médios de carbono na mangueira 'Palmer' se distribuíram da seguinte forma: caule > raiz > folha > galho grosso e galho fino. Os nutrientes estiveram mais concentrados nos compartimentos que compõem a copa das plantas, obedecendo a ordem: folha > galho fino > galho grosso. Os conteúdos de carbono, macro e micronutrientes aumentaram exponencialmente na mangueira 'Palmer' em função do diâmetro do caule das plantas. A mangueira com idade de 4 anos, apresentou maior eficiência na conversão dos nutrientes absorvidos em matéria seca de fruto.

## ABSTRACT

SILVA, Roberto Lustosa, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2018. **Biomass and nutrient partitioning and nutrient efficiency in 'Palmer' mango irrigated in the region of Sub-middle São Francisco Vally.** Adviser: Renildes Lúcio Ferreira Fontes. Co-advisers: Júlio César Lima Neves, Augusto Miguel Nascimento Lima, Emanuelle Mercês Barros Soares and Hugo Alberto Ruiz.

The nutritional demand of the mango plants can be estimated using information on yield, the amount of nutrients accumulated in the permanent parts of the plants, the amount of nutrient that returns to the soil through the decomposition of pruning residues and the amount of nutrient exported by the fruits. This information, associated to the soil and climate factors inherent to the region, allows for more economical and balanced fertilization recommendations, respecting the individual characteristics of each variety. In this sense, this study was developed to evaluate the biomass and nutrient partitioning and the nutritional efficiency in irrigated 'Palmer' mango in the Sub-middle region of the São Francisco Valley. The study areas were located in the municipalities of Casa Nova - BA and Petrolina - PE, the climate is semi-arid, with precipitation varying from 400 to 800 mm during the year. The sample trees were slaughtered at ages 1, 2, 4, 7 and 12 years. In order to determine the dry matter mass and the consequent nutrient accumulation in the mango plant compartments (cv. Palmer), A plot of approximately 3 ha was chosen, and within this plot 4 plots with 20 plants each were randomly distributed; in each plot, taking into account the mean stem diameter of the plants and the homogeneity of the crown, a representative plant (plant-sample) was chosen. To obtain the dry matter of each component of the sample plants, the direct method was used, which consisted of the felling of the plants. After the plants were slaughtered, the compartments were separated into roots, stalk, thick twigs, thin twigs, leaf and fruits; then weighed separately, a sample was taken from each compartment to determine the dry matter, after oven drying at 65 °C to constant weight. In each compartment the dry matter and macro and micronutrient contents were quantified. With this information, the content of each nutrient accumulated in the compartments of the plants was estimated. The largest accumulation of biomass was determined in the compartments that make up the canopy of the mango, in the following order: thick twigs > fruits > thin twigs > leaf > stalk > root. The mean values of carbon in the 'Palmer' mango were distributed as follows: stalk > root > leaf > thick

twigs and thin twigs. The nutrients were more concentrated in the compartments that make up the crown of the plants, obeying the order: leaf > thin twigs > thick twigs. The contents of carbon, macro and micronutrients were exponentially increased in the 'Palmer' mango as a function of the stem diameter of the plants. The mango, aged 4 years, presented greater efficiency in the conversion of the nutrients absorbed in the dry matter of fruit.

## 1. INTRODUÇÃO

A mangueira (*Mangifera indica* L.) é uma espécie de clima tropical originária do sul da Ásia e cultivada em mais de cem países no mundo, tanto de clima tropical como subtropical (Salomão et al., 2018). No Brasil, a área comercial plantada com mangueira é estimada em 70 mil hectares, com produção de aproximadamente 1,0 milhão de toneladas de manga no ano de 2016, sendo que a região Nordeste responde por 70 % desta produção, o equivalente a 710 mil toneladas (IGBE, 2017).

Na região do Vale do São Francisco, que abrange os estados de Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Sergipe e Alagoas, se concentra o maior polo brasileiro de produção de frutas, com destaque para a cultura da mangueira (ABF, 2017). Nesses estados, a produção estimada de manga representou 66,83 % do total produzido no Brasil em 2016 (IBGE, 2017). Destaque para os estados da Bahia e Pernambuco, os dois maiores produtores de manga da região Nordeste, com 353.689 e 230.381 toneladas, respectivamente (IBGE, 2017).

A mangicultura na região Semiárida destaca-se no cenário nacional e internacional, não apenas pela expansão da área cultivada e volume de produção, mas principalmente, pelos altos rendimentos alcançados e qualidade da manga produzida (Silva e Coelho, 2010). O preço médio pago em 2016 pela manga na região do Vale do São Francisco, foi registrado para as variedades Tommy Atkins (R\$ 2,26/kg) e Palmer (R\$ 2,90/kg) representando um incremento de 98 e 136 % respectivamente, no preço pago pela fruta no mesmo período do ano de 2015. Essa alta no preço foi justificada pelo atraso na colheita da fruta, nas regiões de Livramento de Nossa Senhora (BA) e Jaíba/Janaúba (MG) estimulando assim a procura pela fruta na região do Submédio Vale do São Francisco (BA/PE).

Apesar dos preços praticados agradarem aos produtores, o custo médio de produção da manga na região do Submédio Vale do São Francisco subiu 33 % em 2016, que possivelmente esteja ligada ao aumento do preço dos fertilizantes e produtos fitossanitários. Para que a mangueira expresse todo seu potencial produtivo são necessárias adubações regulares e equilibradas, devendo essa necessidade nutricional ser determinada pela quantidade de nutrientes extraída nas diversas fases do seu desenvolvimento (Magalhães e Borges, 2000).

A produtividade agrícola é o resultado da ação conjunta e integrada de uma série de fatores como, clima, solo, planta, práticas culturais, entre outras (Alcarde et al., 1998). Dentre estes, podemos destacar o solo como principal fornecedor de água e

nutrientes para as culturas, entretanto, nem sempre o solo consegue fornecer todos os nutrientes demandados pela mangueira, em virtude do grande conteúdo de nutrientes requeridos para a formação do novo fluxo vegetativo. Nesse momento, o conteúdo acumulado nas partes permanentes das plantas, torna-se determinante para garantir a formação dos novos fluxos vegetativos. Isso só é possível em virtude do processo conhecido como ciclagem bioquímica de nutrientes, onde os nutrientes acumulados no caule e galhos mais velhos, são redistribuídos para órgãos em formação (Jacob et al., 2009).

Para determinar as exigências nutricionais da mangueira, deve-se conhecer as curvas de crescimento e extração de nutrientes por frutos nas diversas fases de desenvolvimento, dentro do ciclo produtivo (Costa et al., 2011). Silva et al. (2004) acrescentam que além de saber quanto dos nutrientes absorvidos foram retirados da área pela colheita dos frutos, é necessário que seja quantificado quanto dos nutrientes absorvidos foi imobilizado nos outros compartimentos da planta (raiz, caule, galhos e folhas). Isso torna-se particularmente importante, quando são realizadas podas, visto que o material descartado é mantido na área, tornando-se um potencial de repositório de nutrientes por meio da ciclagem de nutrientes.

Informações sobre o estado nutricional das plantas, partição e acumulação de nutrientes pela mangueira na região do Submédio Vale do São Francisco e a relação entre a fertilidade do solo e a composição mineral de folhas e frutos, ainda são escassas ou inexistentes na literatura. Neste sentido, a quantificação dos nutrientes nos diversos componentes das plantas, por integrar os efeitos de solo, planta, clima e manejo é uma medida útil para estimar a demanda de nutrientes pela cultura da mangueira (Pinto et al., 2010).

Ao estudarem a absorção, distribuição e requerimento de macronutrientes pela mangueira cultivar 'Sensation' com 2, 6 e 18 anos de idade na região de Nelspruit, na África do Sul, Stassem et al. (2000) concluíram que plantas com 6 anos apresentam as maiores partições de N, P, K, Ca e Mg nas folhas, em relação aos demais compartimentos. Esse comportamento também foi observado para as árvores de 2 e de 18 anos, com algumas exceções, a saber: P (em raízes, casca e lenho de árvores de 2 anos e em ramos novos e frutos de árvores de 18 anos); K (em frutos de árvores de 2 e de 18 anos; em ramos novos de árvores de 18 anos); Mg (raízes de árvores de 2 e de 18 anos; frutos de árvores de 2 anos), cujos teores foram maiores que nas folhas. Mais de 40 % do Ca contido na árvore encontram-se nas folhas.

Avaliando o estado nutricional da mangueira Tommy Atkins no Submédio do Vale do Rio São Francisco por meio de cálculos dos índices DRIS e relacionando esses índices com os teores foliares de nutrientes, Pinto et al. (2010) discriminaram a ordem de limitação de cada nutriente nas subamostras de alta e de baixa produtividade. Esses autores concluíram que a limitação da produtividade de manga Tommy Atkins por excesso de nutrientes, pelo método do Potencial de Resposta à Adubação obedeceu à seguinte ordem:  $Fe > K = Mg = Cu = Zn > Ca = B > Mn > N = P$ , e,  $Fe > P > Cu > Zn > Mn = K > B > Mg > N > Ca$ , nos pomares de alta e de baixa produtividade, respectivamente. Já a limitação da produtividade por deficiência de nutrientes foi:  $Mg > Cu = K = Fe > Ca = B > Mn = Zn = N = P$ , e  $B > Cu = Zn > Ca > N > Fe > Mn > P > K = Mg$ , nos pomares de alta e de baixa produtividade, respectivamente.

Em experimento avaliando a produção de frutos e a concentração de potássio em folhas da mangueira Palmer, Cavalcante et al. (2016) concluíram que, a obtenção da produção satisfatória de frutos e concentração foliar adequada, são dependentes da dose de potássio aplicada, levando-se em conta as condições de solo e clima do local de estudo. Para as condições nas quais o estudo foi realizado os autores recomendam uma dose de  $225 \text{ g planta}^{-1}$  de KCl para produção da manga Palmer.

Avaliando o efeito do equilíbrio nutricional sobre a incidência de distúrbios fisiológicos em manga 'Tommy Atkins' cultivada no Vale do São Francisco Assis et al. (2004) realizaram um ensaio com frutos coletados no estágio de maturação fisiológica, classificados em frutos sem sintomas e com sintomas de distúrbio fisiológico e concluíram que baixas concentrações de Ca e Mg e alta relação K/Ca e N/Ca, tanto na polpa quanto na casca, são indicativos da ocorrência de desordem fisiológica na mangueira.

A associação da nutrição com a incidência de frutos de manga Palmer acometidos com desordem fisiológica foi estudada por Barbosa et al. (2016). Esses autores desenvolveram um experimento adotando diferentes manejos da adubação boratada e concluíram que há evidências de que a deficiência de boro pode provocar a emissão de frutos acometidos por desordem fisiológica e que o manejo da adubação boratada é eficiente na redução desse problema, influenciando assim a produtividade de manga Palmer.

Para estabelecer as necessidades nutricionais de uma planta, é necessário o conhecimento de sua composição mineral. Nos frutos encontram-se as maiores proporções dos nutrientes necessários à planta, estimando-se sua participação em um

terço ou mais do requerimento total. A extração dos nutrientes pelas colheitas é menor que algumas culturas tropicais, sendo o nitrogênio e o potássio os mais extraídos (Magalhães et al., 2000).

Apesar dos avanços tecnológicos observados na mangicultura, a fertilização mineral é feita de forma empírica, em virtude da escassez de informações sobre o manejo nutricional adequado para a planta, havendo necessidade de maiores estudos de nutrição e adubação mineral da mangueira (Cavalcante et al., 2016).

Assim, objetivou-se nesse trabalho: a) avaliar a acumulação e partição de biomassa em mangueira ‘Palmer’ com diferentes idades; b) determinar os teores e o particionamento do carbono e dos macro e micronutrientes nos compartimentos das plantas; c) Avaliar o conteúdo de macro e micronutrientes acumulados na mangueira em função do diâmetro do caule e d) Avaliar a eficiência nutricional da mangueira irrigada na região do Submédio Vale do São Francisco.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Caracterização das áreas de estudo**

O experimento foi conduzido com plantas de diferentes idades (1, 2, 4, 7 e 12 anos) oriundas de pomares comerciais de mangueira (cultivar Palmer), localizados nos municípios de Petrolina e Casa Nova nos estados de Pernambuco e Bahia, respectivamente.

#### *2.1.1 Área 1*

Propriedade de 14 ha, localizada no Projeto de Irrigação Senador Nilo Coelho – Núcleo 10, Petrolina-PE, sob as coordenadas geográficas 9°18’12,27’’ latitude S, 40°25’12,46’’ longitude O, e altitude média 379 m. O clima da região é do tipo semiárido (BswH’) (Alvares et al., 2013), com precipitação não superior a 500 mm, concentrada em três a quatro meses do ano. A vegetação nativa é de caatinga hiperxerófila. As amostras das mangueiras foram retiradas de uma área de aproximadamente 3 ha.

O pomar foi instalado em sucessão a um pomar de coqueiro que permaneceu na área por um período de 20 anos. As mangueiras foram plantadas no espaçamento 6 × 3 m no ano de 2014, posteriormente no ano de 2015 o pomar foi adensado ficando com espaçamento 6 × 1,5 m. No plantio das mudas, foi feita adubação de fundação, onde

cada cova recebeu 120 g de fósforo (superfosfato simples) e no segundo mês após o transplante, aplicou-se em cobertura 150 g cova<sup>-1</sup> de nitrogênio na forma de sulfato de amônio. Nas adubações de formação aplicaram-se 210 g planta<sup>-1</sup> de N e 40 g planta<sup>-1</sup> de K no segundo ano e repetiu-se a dose de N e 80 g planta<sup>-1</sup> de K no terceiro ano.

No primeiro ano, as plantas foram podadas para perda da dominância apical e o lançamento de novas pernadas, auxiliando assim na formação da copa. No segundo ano, foram feitas mais duas podas para formação da copa, deixando as plantas com três pernadas definidas. As plantas foram abatidas em 2016 com idades de 1 e 2 anos, sendo realizada, antes do abate, a coleta de solo e folhas para avaliação da fertilidade do solo e do estado nutricional do pomar. A irrigação do pomar, foi realizada diariamente, por microaspersão fornecendo o equivalente a 150 L planta<sup>-1</sup>.

### 2.1.2 Área 2

Propriedade de aproximadamente 30 ha, localizada na Fazenda Herculano Agrícola, município de Casa Nova – BA, sob as coordenadas geográficas 09° 11'43,5" latitude S, 41° 01'59,2" longitude O, e altitude média 400 m. O clima da região é do tipo Bsw<sup>h</sup> (Semiárido) (Alvares et al., 2013), com precipitação inferior a 500 mm, concentrada em três a quatro meses do ano. A vegetação nativa é de caatinga hiperxerófila.

A mangueira foi plantada em sucessão a um pomar de coqueiro que permaneceu na área por um período de 10 anos (1995-2005). O plantio das mangueiras foi realizado inicialmente no espaçamento de 7 × 7 m e, posteriormente adensado para 7 × 3,5 m após oito anos (2013), com o objetivo de otimizar a área de cultivo. No primeiro e segundo ano, as plantas foram podadas para perda da dominância apical e o lançamento de novas pernadas, e no terceiro ano foi feita a primeira poda de produção, seguida do processo de indução floral. Todas as práticas de manejo, como poda, controle de plantas daninhas, controle de pragas e doenças, adição de reguladores de crescimento de plantas foram realizadas com base nas instruções de Genú e Pinto (2002).

Para a safra 2016/2017, a adubação do pomar consistiu de 1 kg planta<sup>-1</sup> de NPK (06-24-12), divididos em duas aplicações. Foram adicionados 20 g planta<sup>-1</sup> de ácido bórico e 1 kg planta<sup>-1</sup> de NKálcio<sup>®</sup> (09-00-24), divididos em duas aplicações. A adubação foliar, foi fornecida com Nitrabor<sup>®</sup> (181,5 kg ha<sup>-1</sup>), ácido bórico (5 kg ha<sup>-1</sup>)

e sulfato ferroso (2,55 kg ha<sup>-1</sup>). A irrigação foi feita diariamente durante duas horas, usando o método de microaspersão, fornecendo o equivalente a 200 L planta<sup>-1</sup>.

### 2.1.3 Área 3

Propriedade de 300 ha na Fazenda Timbaúba, pertencente ao Grupo Queiroz Galvão, localizada no Projeto de Irrigação Senador Nilo Coelho-Núcleo 11, na cidade de Petrolina-PE, sob as coordenadas geográficas: 7 ° 30'19 "de latitude S, 35 ° 19'05" de longitude W e altitude média de 136 m. O clima da região é 'BswH' (Semiárido) (Alvares et al., 2013). A vegetação nativa é a caatinga hiperxerófila.

Logo após a retirada da vegetação de caatinga, as mangueiras da cv. Palmer foram plantadas no espaçamento de 4 × 2,5 m. Para melhor distribuição dos ramos, e formação de uma copa mais homogênea, as plantas foram podadas no primeiro e segundo ano. No terceiro ano, foi feita a primeira poda de produção, seguida pelo processo de indução floral. O manejo de podas, o controle de plantas daninhas, as pragas e doenças, os reguladores de crescimento para inibir a síntese de giberelina (Cultar<sup>®</sup>) e a quebra de dormência (nitrato de cálcio) foram realizados seguindo as instruções de Genú e Pinto (2002).

As fertilizações de manutenção para safra 2016/2017 foram realizadas com 2 kg planta<sup>-1</sup> de NPK (06-24-12), divididos em duas aplicações. Aplicações foliares com nitrato de potássio e nitrato de cálcio foram realizadas semanalmente com 50 kg ha<sup>-1</sup> por aplicação, logo após o desponte dos ramos, no processo de indução floral. As plantas-amostra, foram escolhidas numa área de aproximadamente 3,12 ha e abatidas logo após a colheita dos frutos no ano de 2017 e antes da poda de produção do ano seguinte. As plantas foram irrigadas, pelo método localizado por gotejamento, fornecendo água próximo ao sistema radicular (Tabela 1).

**Tabela 1.** Resumo das características dos pomares de mangueira estudados no Vale do São Francisco.

Área	Idade (ano)	Esp.* (m)	DP (ha)	Sistema de irrigação -	Uso anterior a mangueira -	Período de uso (ano)	Fazenda -	Município -	Estado UF
1	1 e 2	6 × 3	555	Microaspersão	Coco	20	Francisco Pinto	Petrolina	Pernambuco
2	4 e 12	7 × 7	204	Microaspersão	Coco	10	Herculano agrícola	Casa Nova	Bahia
3	7	4 × 2,5	1000	Gotejamento	Caatinga	-	Timbaúba	Petrolina	Pernambuco

Esp.\*= espaçamento entre plantas de mangueira de mesma idade, considerando que as plantas de diferentes idades estão intercaladas na linha de plantio, esse espaçamento entre plantas é dividido por 2, dessa forma dobra o número de plantas por hectare; DP= Densidade de plantio.

## 2.2 Amostragem e análises do solo das áreas estudadas

Em todas as áreas selecionadas foram coletadas, de forma aleatorizada, amostras de solo na projeção da copa das mangueiras, nas profundidades de 0-20, 20-40, 40-60 e 60-100 cm. Foram coletadas 15 amostras simples de solo em cada profundidade para obtenção de uma amostra composta, tendo sido realizada uma única vez antes do abate das plantas.

As amostras de solo foram secas ao ar, destorroadas, homogeneizadas e passadas em peneira de malha de 2,0 mm obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA). Foi feita a análise química do solo determinando-se: pH em água, 1:2,5 (v/v); acidez potencial (H + Al) (extração com acetato de cálcio e dosagem por titulometria com NaOH 1 mol L<sup>-1</sup>); Ca, Mg e Al (extração com KCl 1 mol L<sup>-1</sup>) e dosagem de Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica e de Al por titulometria com NaOH 0,125 mol L<sup>-1</sup>); P, K e Na, por extração com Mehlich-1, e dosagem de P por colorimetria (Braga e Defelippo, 1974), e K e Na, por fotometria de emissão de chama (Tabela 2). Foram coletadas ainda, amostras indeformadas de solo, usando anéis de inox nas camadas de 0-20, 20-40, 40-60 e 60-100 cm de profundidade, para determinação da densidade do solo e análise textural (Tabela 2).

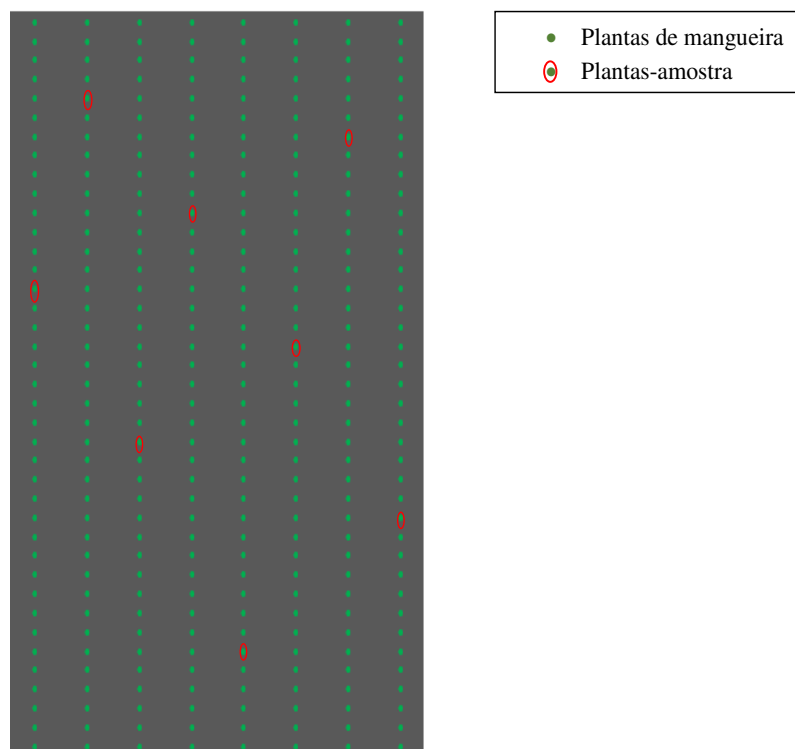
**Tabela 2.** Características químicas e granulométrica do solo sob mangueira na região do Submédio Vale do São Francisco.

Áreas	Idade	Prof.	Areia	Silte	Argila	DS	MO	pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	Zn	Fe	Mn	V	
	(ano)	(cm)	(g kg <sup>-1</sup> )			g cm <sup>-3</sup>	g dm <sup>-3</sup>	H <sub>2</sub> O	(mg dm <sup>-3</sup> )			(cmolc/dm <sup>3</sup> )				(mg dm <sup>-3</sup> )				%	
1	1	0-20	913,82	39,67	46,51	1,63	15,92	7,05	172,19	207,60	0,62	2,64	0,23	0,05	1,14	3,78	8,43	73,45	39,34	77,06	
		20-40	865,74	76,00	58,26	1,65	14,94	6,56	16,94	198,28	0,66	2,27	0,28	0,06	1,43	3,46	2,83	115,29	26,81	70,04	
		40-60	819,07	126,00	54,93	1,76	13,78	5,92	9,10	232,21	0,80	2,26	0,35	0,15	1,99	3,66	0,47	168,98	10,19	63,88	
		60-100	743,83	141,00	115,17	1,54	14,94	5,31	9,59	169,59	0,76	1,69	0,31	0,31	2,56	2,93	0,84	162,01	5,75	52,80	
	2	0-20	-	-	-	-	20,72	6,72	30,70	186,24	0,58	2,22	0,26	0,03	1,62	3,32	10,37	76,52	34,98	66,99	
		20-40	-	-	-	-	18,67	6,24	23,28	209,66	0,68	1,82	0,28	0,05	2,14	3,05	5,15	119,07	21,40	58,33	
		40-60	-	-	-	-	9,27	5,69	19,17	246,81	1,26	1,69	0,38	0,05	4,45	3,42	2,01	178,67	9,77	47,82	
		60-100	-	-	-	-	10,22	5,16	9,53	195,85	1,27	1,34	0,27	0,04	6,35	2,94	1,50	185,39	5,57	33,27	
	2	4	0-20	860,39	63,33	76,28	1,66	29,50	6,12	124,75	659,57	1,57	2,23	0,66	0,07	5,87	5,52	39,15	165,48	57,56	48,63
			20-40	845,59	73,67	80,74	1,63	18,49	6,01	42,36	1092,00	1,44	1,70	0,94	0,04	5,12	6,32	37,12	194,52	9,15	55,25
			40-60	768,22	145,67	86,11	1,57	17,82	5,95	12,76	1140,24	1,29	6,18	1,40	0,04	3,53	11,33	9,86	131,35	8,70	76,16
			60-100	642,37	145,33	212,30	1,56	17,42	5,78	10,43	918,36	1,38	5,53	2,14	0,05	2,83	10,90	5,40	121,97	6,55	79,14
12		0-20	-	-	-	-	32,02	5,80	80,38	661,25	1,03	2,95	0,77	0,02	3,70	6,03	79,27	88,10	76,37	62,37	
		20-40	-	-	-	-	22,60	5,58	28,94	980,62	1,00	2,40	0,92	0,06	3,78	6,44	27,02	147,29	19,45	63,41	
		40-60	-	-	-	-	20,25	5,27	10,21	1041,27	1,06	2,82	1,43	0,11	3,70	7,58	12,96	103,20	18,15	67,38	
		60-100	-	-	-	-	19,46	5,38	9,98	981,20	1,13	3,86	1,56	0,09	3,62	8,65	9,63	94,11	26,92	70,12	
3	7	0-20	826,83	110,00	63,17	1,66	8,26	7,55	97,95	426,21	0,53	2,81	0,51	0,01	0,64	4,72	153,60	31,05	38,84	88,24	
		20-40	549,23	266,33	184,44	1,66	4,59	7,00	67,05	409,06	0,47	1,76	0,51	0,02	1,11	3,60	35,49	59,60	14,11	76,86	
		40-60	517,28	331,04	151,68	1,75	3,63	6,35	63,32	400,86	0,48	1,74	0,56	0,06	1,24	3,60	19,28	76,50	4,07	77,04	
		60-100	488,81	313,67	197,52	1,68	3,36	5,89	55,04	395,55	0,50	2,17	0,85	0,08	1,55	4,32	15,57	80,02	2,52	77,02	

Prof. = profundidade de amostragem do solo; DS = densidade do solo; MO = matéria orgânica; pH em água relação 1:2,5; P, K e Na, extrator Mehlich-1; Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup>, extrator KCl 1mol/L; H + Al, extrator acetato de cálcio 0,5 mol/L a pH 7,0; SB = soma de bases trocáveis; V = saturação por bases.

### 2.3 Amostragem das plantas e seu particionamento

Para obtenção da biomassa produzida e do acúmulo de carbono e nutrientes nas plantas de mangueiras, delimitou-se parcelas experimentais com 20 plantas cada, distribuídas aleatorizadas dentro de um talhão de aproximadamente 3 ha. Dentro de cada parcela foi selecionada uma planta representativa (planta-amostra), usando-se como referência a homogeneidade da copa e o diâmetro do caule (Figura 1).



**Figura 1.** Croqui demonstrativo de como as plantas-amostra foram escolhidas aleatorizadas dentro dos pomares.

Para obtenção da matéria fresca de todos os componentes das plantas-amostra foi utilizado o método direto, o qual consistiu na derrubada das plantas. As plantas-amostra que foram abatidas, apresentavam idades de 1, 2, 4, 7 e 12 anos, sendo usadas quatro repetições por idade, totalizando 20 plantas. Após o abate das plantas, seus componentes foram separados da seguinte forma: raízes, tronco, galhos grossos ( $\varnothing > 10$  cm), galhos finos ( $\varnothing < 10$  cm), folhas e frutos. Em seguida, esses componentes foram pesados separadamente e, de cada um deles, foi retirada uma amostra para obtenção da matéria seca.

Amostras do caule e dos galhos grossos foram coletadas na forma de discos de madeira. Os discos do caule foram retirados a 0,30 a 0,40 m em relação ao solo, e os discos dos galhos grossos foram retirados em três pontos: na base do galho (10 a 15 %), no meio (50 a 60 %) e no topo (75 a 80 % do comprimento total do galho amostrado), em cada planta-amostra. Na superfície dos discos foram feitos furos com auxílio de uma furadeira para aquisição da serragem para análise. Nos galhos finos o procedimento para aquisição da serragem, consistiu da raspagem dos galhos sem a casca, e o pó-de-serra obtido dos galhos grossos e galhos finos, foi homogeneizado em moinho Wiley e passado em peneira de 1 mm de malha, para composição da amostra para análise.

Parte do sistema radicular de cada planta-amostra, foi amostrado obedecendo o espaçamento entre linhas e entre plantas, abrindo-se uma trincheira até 1 m de profundidade e no espaço que abrangesse  $\frac{1}{4}$  do espaçamento adotado. Assumindo que a distribuição do sistema radicular da planta de mangueira seja homogênea, a massa radicular foi estimada quantificando-se o sistema radicular na porção relativa a  $\frac{1}{4}$  do espaçamento, como descrito, e multiplicando-se o valor encontrado por 4.

Amostras das folhas foram coletadas na porção mediana da copa, no penúltimo lançamento dos ramos, em 4 posições, tendo como referência os pontos cardeais (Quaggio, 1996). As folhas, depois de lavadas em água destilada, foram secas em estufa, à temperatura de 65 °C, até atingir massa constante. O material seco foi moído em moinho Wiley e passado em peneira de 1 mm de malha e armazenado em recipientes apropriados, para posterior determinação de macro e micronutrientes.

Os frutos provenientes das plantas-amostra foram coletados aleatoriamente na época da colheita e, posteriormente, enviados ao laboratório. No laboratório os frutos foram lavados em água corrente, secos e pesados. Em seguida, foram cortados e levados a estufa de circulação de ar forçado (65 °C), até atingirem massa constante, pesando-se novamente para obtenção da matéria seca. O material já seco, foi triturado em moinho Wiley e passado por peneira de 1 mm, compondo as amostras para análise dos teores de macro e micronutrientes.

## **2.4 Análises do tecido vegetal**

O material vegetal foi levado a mufla elétrica (digestão seca) e a extração feita com ácido nítrico 1 mol L<sup>-1</sup> (Silva, 2009). Em seguida, para cada compartimento das plantas de mangueira, foram determinados os teores de macro (N, P, K, Ca e Mg) e

micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn e B). O P foi determinado por colorimetria pela redução do fosfomolibdato pela vitamina C (Braga e Defelippo, 1974), Ca, Mg, Fe, Zn, Cu e Mn foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, K por fotometria de emissão de chama (Tedesco et al., 1995). O N foi determinado pelo método Kjeldahl, nos extratos da mineralização sulfúrica (Bremner, 1996). O B foi determinado por colorimetria, após a calcinação do material vegetal.

## 2.5 Estimativa dos índices de eficiência

De posse da massa de matéria seca e do conteúdo dos nutrientes nos diferentes compartimentos das plantas de mangueira, determinou-se o coeficiente de utilização biológica do nutriente (CUB\_Nut<sub>i</sub>) e a eficiência de utilização (EU\_Nut<sub>i</sub>) da parte área reprodutiva, conforme as equações 1 e 2.

$$\text{CUB\_Nut}_i = \frac{\text{Matéria seca do fruto}}{\text{Conteúdo do nutriente(i) no fruto}} \quad \text{Eq. 1}$$

$$\text{EU\_Nut}_i = \frac{(\text{Matéria seca do fruto})^2}{\text{Conteúdo do nutriente (i) no fruto}} \quad \text{Eq. 2}$$

Em que:

O CUB\_Nutr<sub>i</sub> e o EU\_Nutr<sub>i</sub> são expressos em kg/kg para macronutrientes e kg/g para os micronutrientes.

## 2.6 Análise estatística

Foram ajustados modelos de regressão aos dados do conteúdo de nutrientes acumulado na planta, em função do diâmetro do caule das plantas de mangueira com diferentes idades. Esses modelos foram selecionados com base na significância dos coeficientes das equações, avaliada pelo quadrado médio do resíduo da ANOVA, e no coeficiente de determinação ajustado (R<sup>2</sup>).

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 Medidas do diâmetro radicular**

Os valores médios do diâmetro do caule das plantas de mangueira, avaliadas nas cinco idades, estão apresentados na Tabela 3. Os valores demonstram que ocorreu um incremento no diâmetro do caule das plantas com o aumento da idade. Entretanto, não se observa grande variação no diâmetro caulinar entre plantas de mesma idade, o que facilitou a escolha da planta representativa de cada parcela (Planta-amostra).

**Tabela 3.** Diâmetro do caule das plantas de mangueira ‘Palmer’ com diferentes idades na região do Submédio Vale do São Francisco.

Áreas	Idade (ano)	Parcelas	Plantas																				Média	DP
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
			Diâmetro do caule (mm)																					
1	1	1	46,2	43,3	33,5	54,3	54,3	47,0	50,7	47,9	45,4	53,5	34,7	42,0	37,1	40,9	38,5	43,7	45,1	35,4	54,4	44,2	44,6	6,7
1	1	2	61,9	50,5	37,7	58,1	43,3	44,6	41,2	51,6	58,4	41,7	47,9	37,8	45,0	49,3	46,8	48,8	44,1	45,3	59,7	42,5	47,8	7,1
1	1	3	46,5	40,1	44,3	49,1	54,5	42,4	48,6	34,9	47,1	51,0	42,7	50,3	42,8	46,6	53,7	34,1	38,0	48,8	41,3	45,9	45,1	5,7
1	1	4	48,8	54,2	48,7	50,6	35,8	48,3	50,9	45,3	44,3	42,8	44,5	66,2	50,9	54,4	49,5	46,4	45,9	42,3	52,8	32,2	47,7	7,1
1	2	1	91,1	88,3	82,2	94,0	92,9	81,7	84,5	97,6	95,3	85,2	98,9	80,8	64,9	79,5	90,7	94,5	92,4	96,7	83,6	90,7	88,3	8,1
1	2	2	77,4	84,6	88,6	87,4	92,3	88,3	75,8	72,9	83,8	61,6	88,9	83,8	75,9	68,3	76,5	67,5	82,0	80,8	88,8	97,1	81,1	9,1
1	2	3	90,9	78,2	68,6	64,0	88,0	78,1	92,0	56,6	85,5	70,4	96,3	91,3	83,0	89,1	78,0	81,8	84,2	85,4	73,2	96,2	81,5	10,7
1	2	4	60,6	83,4	90,0	85,3	85,6	83,2	76,7	77,8	78,4	81,98	82,7	86,3	57,9	75,4	80,4	69,5	82,0	66,8	73,4	82,0	77,8	8,7
2	4	1	123,2	101,7	112,5	102,5	120,3	98,0	112,6	97,8	117,7	94,9	120,1	94,2	103,6	95,2	110,8	95,2	119,0	85,1	118,5	91,5	105,7	11,6
2	4	2	85,7	111,6	101,6	127,4	99,2	122,0	81,4	102,6	98,6	79,5	92,9	119,6	85,4	107,5	94,3	102,9	88,0	108,6	95,5	126,8	101,6	14,5
2	4	3	104,1	92,8	105,6	86,1	117,1	94,5	122,4	83,0	113,3	83,4	109,2	102,2	112,5	87,6	100,7	80,4	123,5	91,4	101,7	105,1	100,8	13,2
2	4	4	86,7	108,5	119,5	85,0	135,8	90,8	123,7	91,1	113,3	98,2	126,9	100,8	112,5	96,4	118,0	83,9	124,7	86,9	119,0	106,4	106,4	16,0
2	12	1	138,8	157,7	186,5	165,1	205,5	143,8	210,8	175,1	172,5	171,9	156,3	206,9	186,5	192,3	176,3	203,8	185,7	164,5	156,5	201,8	177,9	21,5
2	12	2	147,9	129,5	147,5	157,0	146,0	167,8	159,1	172,3	150,9	176,5	189,3	147,9	148,5	153,5	161,2	265,7	180,8	195,0	148,0	141,8	164,3	29,1
2	12	3	130,1	144,6	141,6	133,2	153,6	205,6	178,4	160,5	151,4	176,0	202,0	179,6	148,8	174,7	194,5	182,1	157,5	171,7	151,2	179,3	165,8	21,8
2	12	4	146,8	157,4	143,2	139,1	166,1	147,2	159,6	163,3	154,4	147,1	184,4	175,0	161,1	160,5	167,1	169,8	160,3	177,8	154,2	160,9	159,8	11,8
3	7	1	155,2	115,2	142,8	111,0	147,7	114,3	140,6	98,0	140,0	104,6	141,3	107,7	142,3	111,0	131,0	95,9	145,7	73,4	153,4	92,3	123,2	23,6
3	7	2	93,9	138,6	114,6	167,4	106,1	155,7	87,0	132,3	113,3	97,5	97,0	155,5	94,8	146,7	112,2	138,3	93,9	136,4	102,2	156,6	122,0	25,8
3	7	3	117,3	107,3	142,7	108,2	146,3	110,9	152,9	109,5	141,2	96,4	122,1	113,0	142,0	86,1	123,5	79,0	162,9	97,5	130,3	114,0	120,1	22,6
3	7	4	112,8	133,7	149,1	84,6	185,9	98,3	170,7	104,3	148,2	98,2	171,0	115,4	167,2	117,5	155,7	98,2	167,4	107,0	164,5	130,8	134,0	31,1

### 3.2 Produção e partição da biomassa

A taxa média de acumulação de biomassa e sua partição nos compartimentos das plantas de mangueira, estão apresentados nas Tabelas 4 e 5. A taxa média de acumulação de biomassa de galhos grossos ( $25 \text{ kg planta}^{-1}$ ), frutos ( $12 \text{ kg planta}^{-1}$ ), galhos finos ( $10,72 \text{ kg planta}^{-1}$ ) e folhas ( $7,45 \text{ kg planta}^{-1}$ ), refutam a maior acumulação de biomassa nos compartimentos que compõem a copa das plantas de mangueira em relação a biomassa acumulada no caule e raiz ( $4,46$  e  $4,23 \text{ kg planta}^{-1}$ ), respectivamente (Tabela 4). Dessa forma, os valores médios de matéria seca nos compartimentos das plantas de mangueira, demonstram a seguinte ordem de acumulação: galhos grossos > frutos > galhos finos > folhas > caule > raiz (Tabela 4).

**Tabela 4.** Biomassa em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.

Componentes	Idade (ano)						Média	DP
	1	2	4	7	12			
	Biomassa ( $\text{kg planta}^{-1}$ )							
Frutos	-	-	5,83	9,43	20,94	12,07	7,89	
Folhas	0,73	2,23	3,30	8,17	22,70	7,45	8,98	
Galhos finos	0,37	3,20	8,33	6,53	35,17	10,72	14,01	
Galhos grossos	-	-	11,14	9,57	55,24	25,32	25,92	
(Copa)	1,10	5,43	28,60	33,70	134,05	40,58	54,13	
Caule	0,59	2,31	3,62	4,63	11,12	4,46	4,02	
(Parte aérea)	1,69	7,74	32,22	38,33	145,17	45,03	58,11	
Raízes	0,30	0,74	4,37	5,50	10,25	4,23	4,04	
Planta total	1,99	8,48	36,59	43,83	155,83	49,34	62,14	

DP = Desvio padrão

**Tabela 5.** Partição de biomassa em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.

Componentes	Idade (ano)						Média	DP
	1	2	4	7	12	(%)		
Frutos	-	-	16,07	21,20	13,20	16,82	4,05	
Folhas	36,91	26,46	10,26	18,75	14,62	21,40	10,53	
Galhos finos	18,16	37,75	23,86	14,84	22,92	23,51	8,76	
Galhos grossos	-	-	27,82	22,04	35,35	28,40	6,67	
(Copa)	55,07	64,21	78,01	76,83	86,09	72,04	12,30	
Caule	29,62	27,28	9,94	10,73	7,28	16,97	10,59	
(Parte aérea)	84,69	91,49	87,95	87,56	93,37	89,01	3,43	
Raízes	15,32	8,51	12,06	12,44	6,62	10,99	3,44	
Planta total	100	100	100	100	100	100	-	

DP = Desvio padrão

A partição de biomassa foi maior nos compartimentos que compõe a copa das plantas (galhos e folhas), excepcionalmente os frutos também tem sua contribuição (Tabela 5). O manejo da poda mostrou-se determinante na distribuição da biomassa nos compartimentos das plantas de mangueira, sendo observado maior alocação de matéria seca nos galhos grossos seguido pelos galhos finos. O manejo da poda tendo como objetivo a emissão de novos galhos e/ou “pernadas”, busca atingir o maior número de galhos, o que justifica a maior alocação de matéria seca nesses compartimentos (Genú e Pinto, 2002).

Determinou-se o teor de carbono, sódio e dos macro e micronutrientes na matéria seca dos compartimentos das plantas de mangueira, considerando as diferentes idades avaliadas. De modo geral, os nutrientes estiveram mais concentrados nos compartimentos que compõem a copa das plantas, obedecendo a seguinte ordem: folhas > galhos finos e galhos grossos (Tabela 6). Uma exceção é o Fe que apresentou maior concentração no sistema radicular das plantas de mangueira, entretanto, os valores registrados para esse micronutriente, estão muito acima dos valores encontrados no sistema radicular de culturas como citros e pereira (Mattos Júnior et al., 2003; Verlindo et al., 2014), indicando uma possível contaminação com partículas de solo no processo de lavagem do sistema radicular (Tabela 6).

**Tabela 6.** Teores de carbono e macronutrientes ( $\text{g kg}^{-1}$ ) sódio e micronutrientes ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.

Nutriente	Idades (ano)					Média	DP
	1	2	4	7	12		
Frutos							
N	-	-	5,81	5,74	5,88	5,81	0,37
P	-	-	0,95	0,83	0,96	0,91	0,10
K	-	-	18,50	13,25	20,63	17,46	1,42
Ca	-	-	2,09	0,41	2,22	1,57	0,20
Mg	-	-	0,89	1,72	0,93	1,18	0,03
Na	-	-	662,50	975,00	887,50	841,67	39,13
Cu	-	-	2,46	4,44	3,00	3,30	0,38
Zn	-	-	9,56	10,42	14,08	11,35	4,18
Fe	-	-	28,75	5,30	33,68	22,57	0,55
Mn	-	-	28,75	5,30	33,68	15,03	1,06
B	-	-	12,00	11,13	2,43	8,52	1,24
Folhas							
C	419,02	428,27	429,16	400,89	437,66	422,57	4,21
N	15,65	14,84	16,49	14,95	14,95	15,45	0,71
P	1,42	1,52	1,88	1,98	1,53	1,80	0,11
K	5,24	17,13	14,38	11,50	24,38	16,75	1,70
Ca	15,06	12,85	11,68	23,00	9,15	14,61	2,61
Mg	1,80	2,51	2,53	3,15	2,58	2,75	0,20
Na	1187,50	1300,00	2250,00	1187,50	850,00	1429,17	381,74
Cu	10,10	4,83	2,80	3,44	3,93	3,39	2,11
Zn	8,72	14,57	24,49	54,38	26,60	35,16	4,08
Fe	67,41	54,76	35,97	35,91	41,93	37,94	6,15
Mn	147,68	172,38	171,57	205,18	166,80	181,18	27,48
B	1,97	2,84	36,83	3,07	25,76	21,89	3,57
Galhos finos							
C	403,27	403,53	391,37	384,27	391,22	388,95	0,64
N	3,26	5,18	6,76	1,96	2,45	3,72	0,51
P	1,18	0,82	1,29	1,08	0,96	1,11	0,24
K	7,00	9,13	6,38	14,63	6,63	9,21	1,83
Ca	0,59	3,64	5,79	3,83	0,86	4,93	0,37
Mg	0,43	0,58	0,66	2,01	0,86	1,18	0,07
Na	1862,50	1262,50	2237,50	912,50	1437,50	1529,17	899,24
Cu	5,14	4,54	2,41	3,36	3,51	3,10	0,35
Zn	6,52	7,45	15,30	6,19	15,49	12,33	2,02
Fe	35,39	35,31	12,26	1,58	7,82	7,34	15,26
Mn	7,25	7,53	14,01	14,80	14,78	14,53	1,70
B	4,98	4,98	4,98	4,98	1,91	3,96	0,00

Continua...

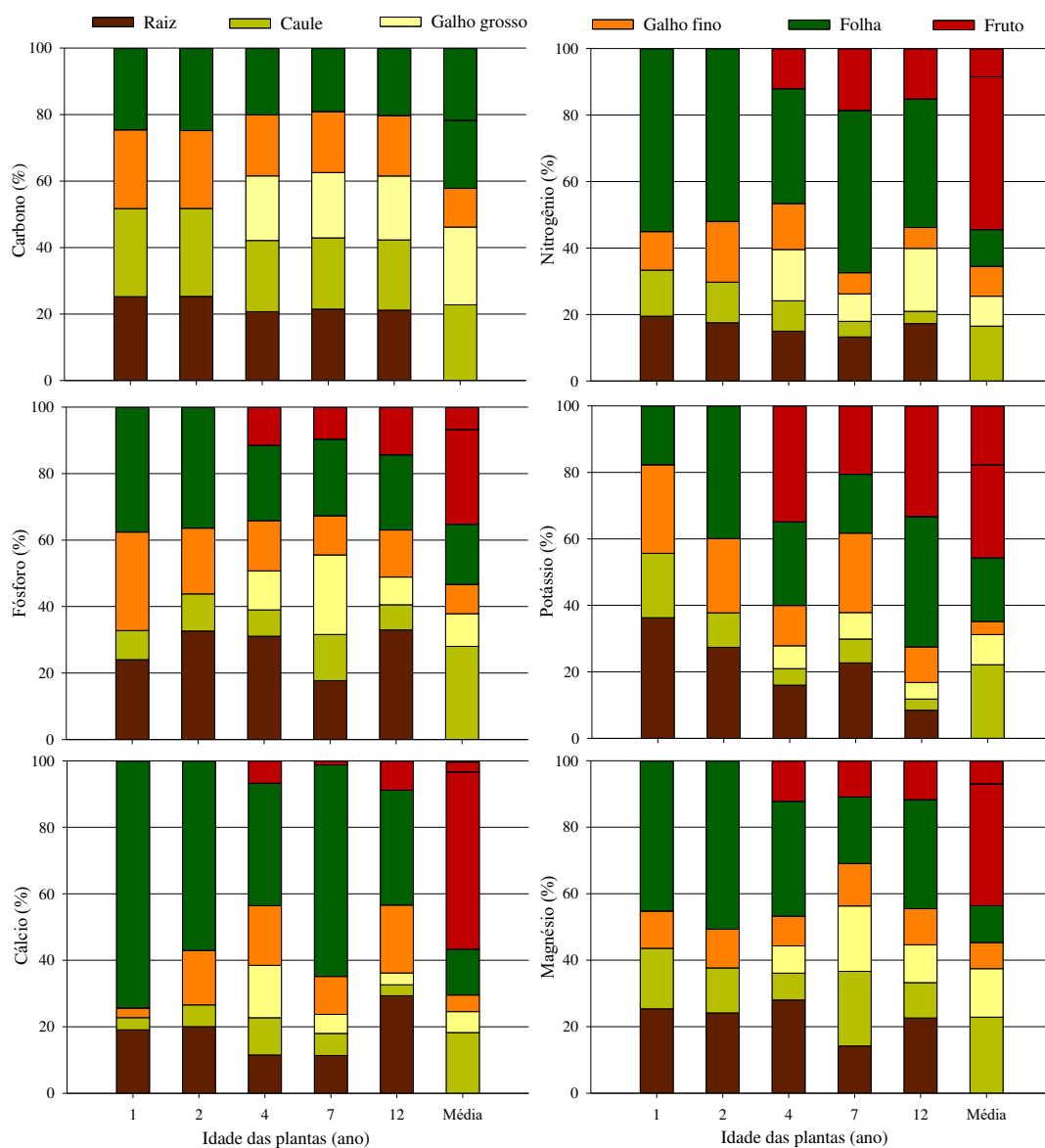
Continuação...

Nutriente	Idades (ano)						Média	DP
	1	2	4	7	12			
Galhos grossos								
C	-	-	414,95	411,93	414,39	413,76	1,31	
N	-	-	7,60	2,56	7,35	5,83	0,86	
P	-	-	0,97	2,32	0,57	1,28	0,55	
K	-	-	3,78	5,05	3,06	3,96	0,41	
Ca	-	-	5,18	1,95	0,90	2,67	1,02	
Mg	-	-	0,59	3,10	0,90	1,53	0,09	
Na	-	-	2475,00	837,50	1275,00	1529,17	730,25	
Cu	-	-	1,94	2,39	2,14	2,15	0,31	
Zn	-	-	18,32	7,00	9,43	11,58	6,17	
Fe	-	-	8,37	1,96	17,30	9,21	7,52	
Mn	-	-	11,48	9,93	12,32	11,24	0,84	
B	-	-	4,98	4,98	1,91	3,96	0,00	
Caule								
C	451,43	456,59	457,22	450,21	455,79	454,25	1,62	
N	3,92	3,47	4,48	1,44	1,44	2,95	0,67	
P	0,33	0,46	0,66	1,34	0,51	0,66	0,23	
K	5,01	4,31	2,69	4,60	2,06	3,73	0,87	
Ca	0,69	1,43	3,72	2,21	0,84	1,78	0,50	
Mg	0,72	0,68	0,59	3,69	0,84	1,30	0,44	
Na	1550,00	1550,00	1475,00	900,00	1100,00	1315,00	433,41	
Cu	3,45	2,85	2,58	3,09	1,98	2,79	0,74	
Zn	6,87	7,40	10,22	11,44	7,64	8,71	2,32	
Fe	58,07	54,83	58,61	10,29	16,14	39,59	20,25	
Mn	8,23	7,19	9,69	12,28	10,53	9,58	2,90	
B	4,98	4,98	4,98	5,86	3,47	4,86	0,75	
Raízes								
C	430,20	436,84	442,68	451,08	456,65	443,49	9,11	
N	5,57	4,97	7,25	4,06	6,62	5,69	0,82	
P	0,94	1,36	2,54	1,64	2,29	1,75	0,49	
K	9,25	11,00	8,50	14,75	5,25	9,75	2,14	
Ca	3,48	4,41	3,80	3,83	7,73	4,65	1,13	
Mg	0,96	1,19	2,03	2,28	1,78	1,65	0,26	
Na	3512,50	3387,50	3612,50	1312,50	3650,00	3095,00	590,19	
Cu	9,99	15,50	3,74	5,71	4,31	7,85	2,88	
Zn	36,87	60,39	46,48	56,05	37,93	47,54	23,30	
Fe	1342,46	1040,72	669,41	899,11	449,75	880,29	189,90	
Mn	23,53	18,29	29,45	16,05	38,04	25,07	7,54	
B	10,24	4,98	9,56	12,18	33,85	14,16	5,03	

DP = Desvio padrão

Os teores médios de carbono nos compartimentos das plantas de mangueira se distribuíram da seguinte forma: caule > raiz > folha > galho grosso e galho fino (Tabela 6, Figura 2). Em relação aos demais macronutrientes, os maiores valores médios

encontrados nas folhas das plantas de mangueira, foram para o K ( $16,75 \text{ g kg}^{-1}$ ), N ( $15,45 \text{ g kg}^{-1}$ ) e Ca ( $14,61 \text{ g kg}^{-1}$ ) (Tabela 6, Figura 2). Os teores desses nutrientes determinados na matéria seca das folhas, estão acima dos teores considerados adequados para a cultura da mangueira (Silva et al., 2002), indicando que as plantas avaliadas encontravam-se em consumo de luxo.



**Figura 2.** Distribuição relativa dos teores de carbono e macronutrientes em plantas de mangueira ‘Palmer’, na região do Submédio Vale do São Francisco.

Os nutrientes absorvidos pelas plantas via sistema radicular são transportados até as folhas e depois redistribuídos na forma de fotoassimilados para os outros órgãos das plantas (Mattos Júnior et al., 2003). Nesse sentido, do total de K acumulado nas

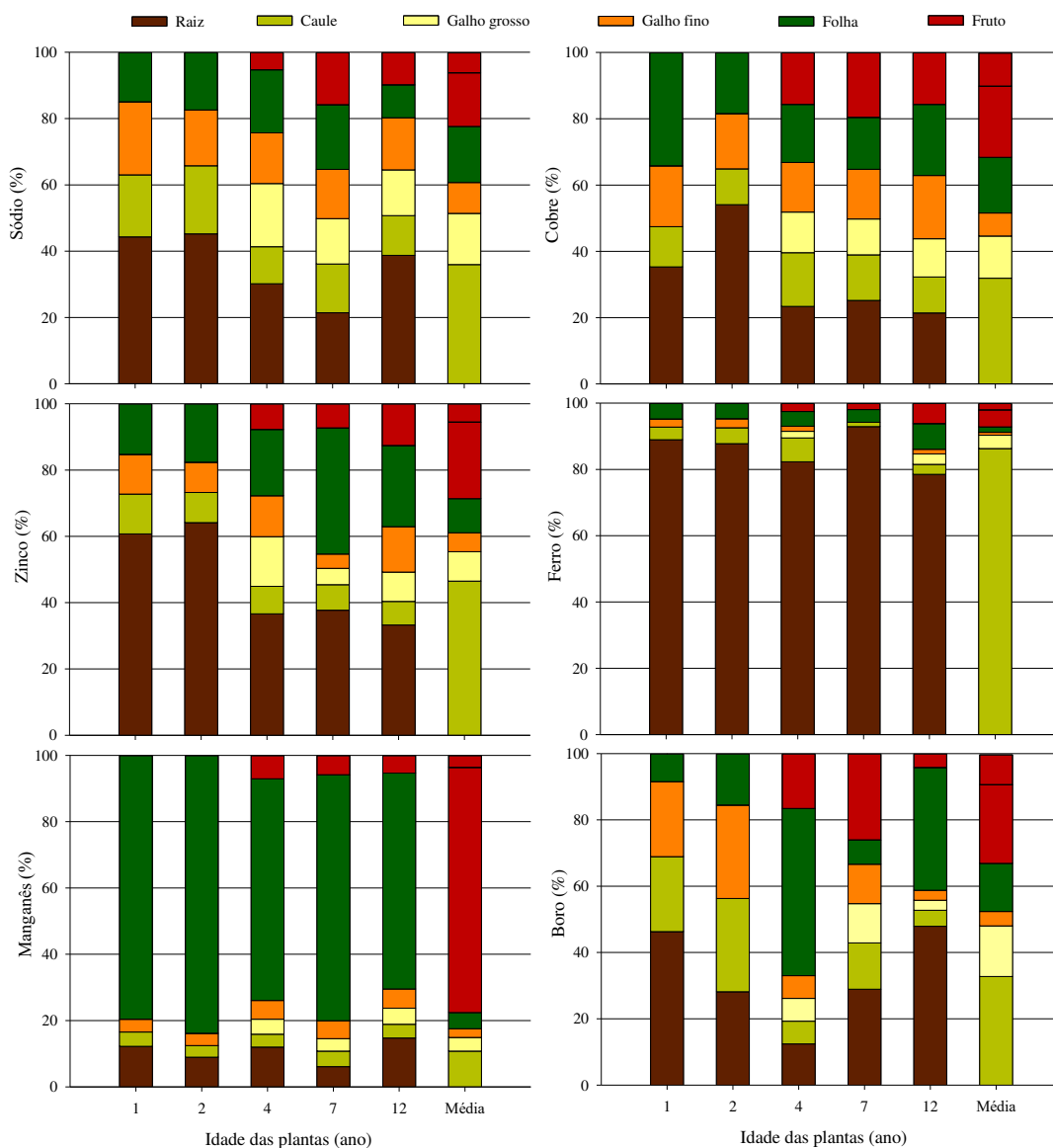
folhas das plantas de mangueira, proveniente da absorção radicular ou via pulverização foliar no processo da indução floral, grande parte foi translocado para os frutos, apresentando-se como o nutriente mais concentrado nos frutos com teor médio de  $17,46 \text{ g kg}^{-1}$  (Tabela 6, Figura 2). Os teores elevados de K nas folhas e frutos, podem estar associados não somente as pulverizações foliares, mas também aos altos teores desse nutriente no solo (Tabela 2).

O Ca e o N, fornecidos por meio de adubações via solo e também pulverizações foliares no processo de indução floral, são os macronutrientes exigidos em maiores quantidades pela cultura da mangueira, não podendo haver restrição no seu fornecimento durante o fluxo pós-colheita e no desenvolvimento inicial dos frutos, que são considerados os dois períodos mais críticos para sua absorção (Silva et al., 2004). Stassen et al. (2000) relatam que, assim como o N, 40 % ou mais do Ca acumulado nas plantas de mangueira ‘Sensation’ encontrava-se nas folhas, corroborando com o resultado do presente estudo (Figura 2).

A distribuição do P nas plantas de mangueira foi homogênea, com teor médio variando de 10 a 20 % nos compartimentos avaliados (Tabela 6, Figura 2). Esses resultados corroboram Stassen et al. (2000) ao avaliarem a absorção, distribuição e requerimento de macronutrientes pela cultura da mangueira cv. ‘Sensation’ na África do Sul e constataram que o P foi relativamente muito bem distribuído entre os compartimentos das plantas de mangueira, com cerca de 15 a 20 % em cada um dos compartimentos.

Embora o Mg não seja exigido em grandes quantidades pela cultura da mangueira, sua deficiência poderá provocar redução no desenvolvimento das plantas, desfolha prematura e, conseqüentemente, diminuição da produção (Silva et al., 2004). No presente estudo, o teor médio de Mg determinado nas folhas das plantas de mangueira ( $2,75 \text{ g kg}^{-1}$ ), encontra-se dentro da faixa considerada adequada para cultura (Silva et al., 2002). Possivelmente o Mg que estava acumulado nas partes permanentes como caule e galhos, foi redistribuído para as folhas por meio da ciclagem bioquímica. Kotur e Keshava-Murthy (2010) estudando a dinâmica dos nutrientes durante o crescimento anual da mangueira, constataram que o Mg foi translocado de folhas mais velhas para o novo fluxo em crescimento e, alertaram para a importância do movimento de nutrientes de partes mais velhas das plantas para o crescimento emergente, suprindo-se dessa forma a demanda imediata da mangueira pelo nutriente.

Os maiores teores de Na e micronutrientes foram determinados no sistema radicular das plantas de mangueira, com exceção do Mn que esteve mais concentrado nas folhas, apresentando valor médio de 181,18 mg kg<sup>-1</sup> (Tabela 6, Figura 3). Mattos Júnior et al. (2003) estudando a acumulação dos nutrientes nos componentes da biomassa de laranjeira Hamlin, no estado da Flórida, Estados Unidos, relataram que o padrão de distribuição dos micronutrientes (68 %) foram encontrados nas raízes.

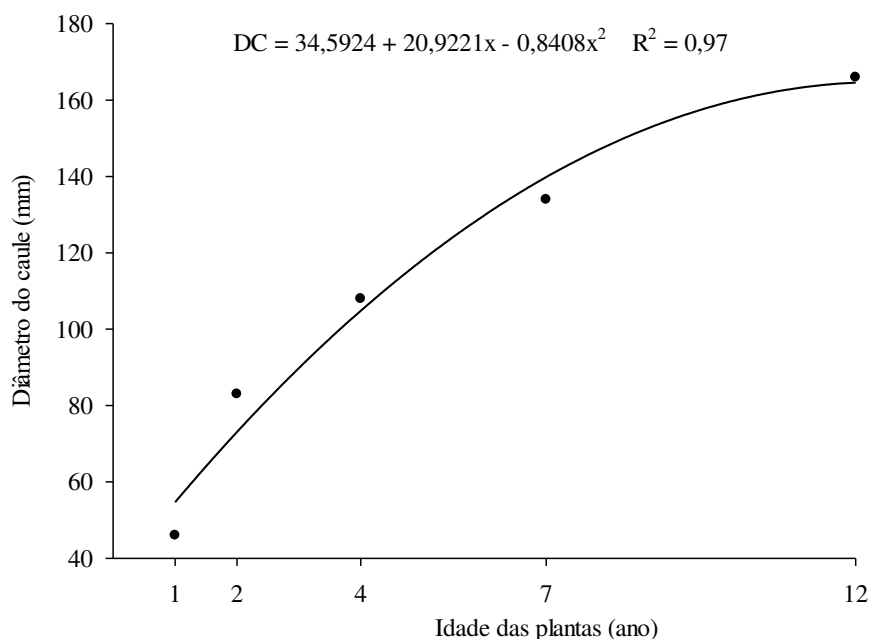


**Figura 3.** Distribuição relativa dos teores de sódio e micronutrientes em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.

Os teores de Mn determinados na matéria seca das folhas da mangueira estão acima da faixa considerada ideal para a cultura (50 a 100 mg kg<sup>-1</sup>) (Silva et al., 2002).

Entretanto, corroboram com os valores encontrados por Faria et al. (2016), em mangueira ‘Tommy Atkins’ na região de Guanambi, no estado da Bahia, onde encontraram nas folhas 167,30 e 254,15 mg kg<sup>-1</sup> nos períodos de floração e frutificação, respectivamente.

O relacionamento do diâmetro médio do caule das plantas de mangueira com a idade das plantas ajustou-se ao modelo de regressão polinomial quadrático, com significância de 5 % para o modelo (Figura 4).



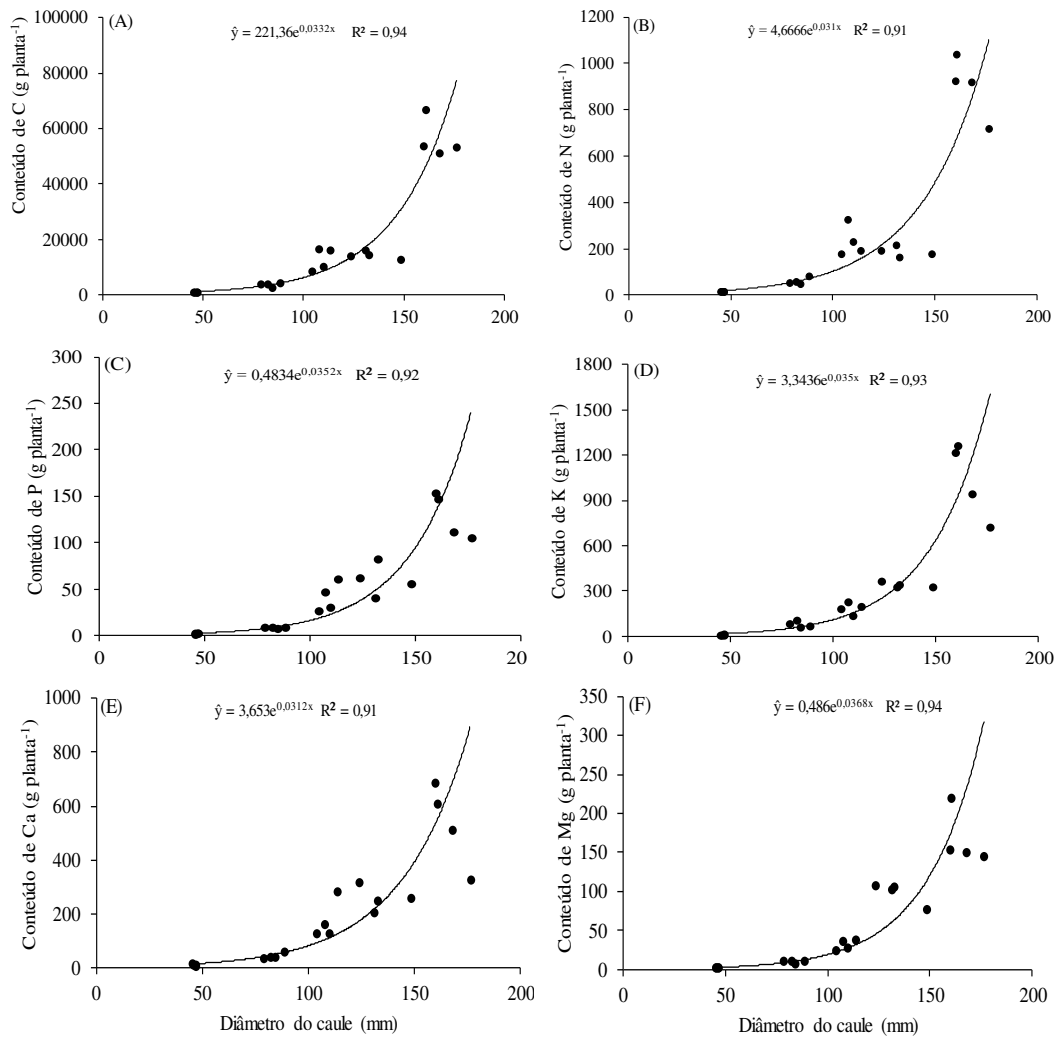
**Figura 4.** Relação do diâmetro do caule e a idade das plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.

A ideia da relação da idade das plantas com o diâmetro do caule, aliado a taxa de acumulação de biomassa e nutrientes por plantas de mangueira, serve como parâmetro para estimar a demanda de nutrientes pelas plantas, servindo como um ajuste fino para definir as quantidades de fertilizantes que deverão ser aplicados em reposição.

### 3.3 Conteúdo dos nutrientes acumulados nas plantas

O conteúdo de C acumulado na matéria seca das plantas de mangueira em função do diâmetro do caule foi incrementado exponencialmente conforme observado na Figura 5. O relacionamento do conteúdo do C acumulado na biomassa das plantas com

o diâmetro do caule, demonstra a eficiência da cultura na acumulação desse elemento (Figura 5A). Do ponto de vista ambiental, a acumulação de C nos plantios permanentes é desejável, contribuindo dessa forma para a mitigação dos gases de efeito estufa (Srivastava e Malhotra, 2014).



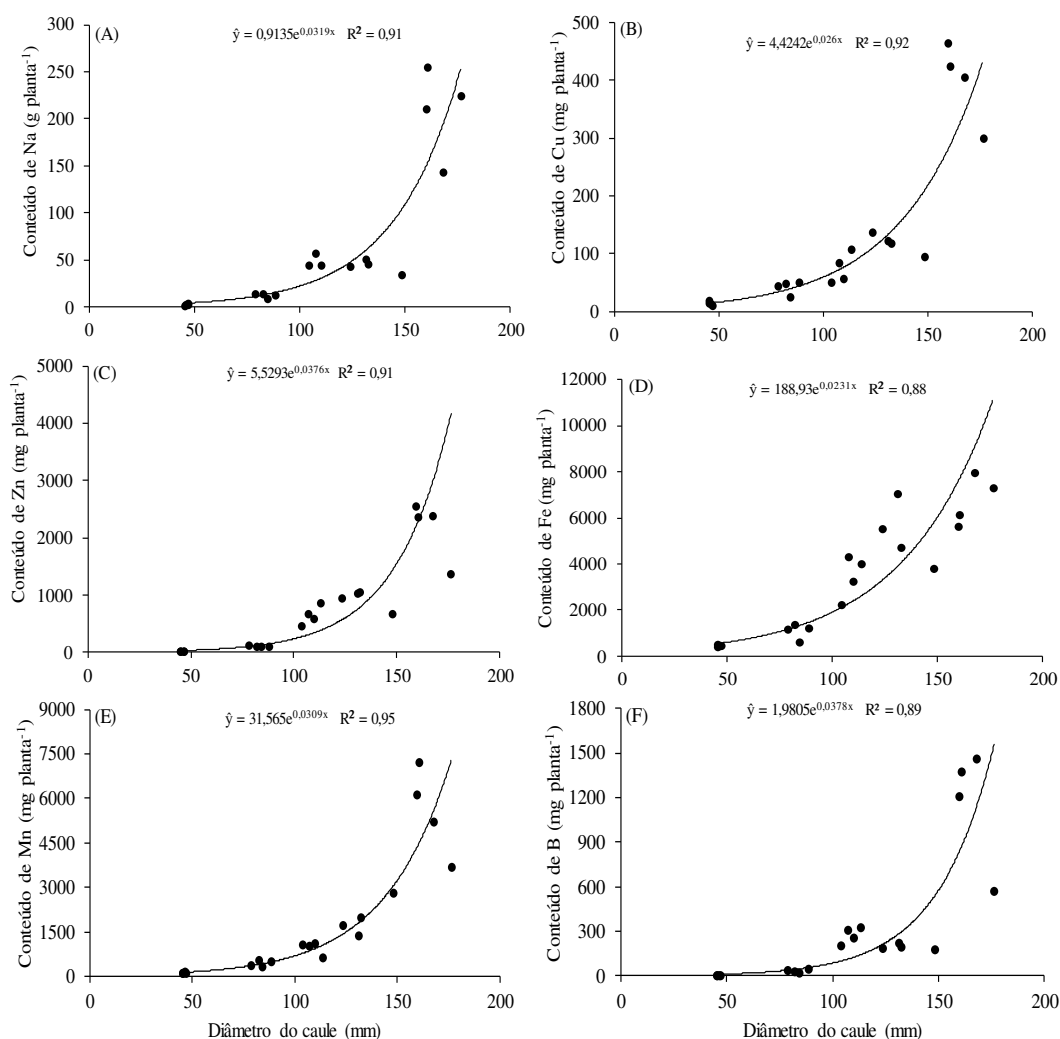
**Figura 5.** Conteúdos de carbono e macronutrientes em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.

Os macronutrientes, assim como o C, apresentaram o mesmo comportamento de acumulação nas plantas de mangueira, sendo os dados ajustados ao modelo de regressão exponencial. No entanto, observa-se que houve uma variação expressiva no conteúdo acumulado entre os macronutrientes (Figura 5). Sinha et al. (2017) afirmam que essa variabilidade observada no conteúdo acumulado nas plantas, pode estar associada à época de amostragem do material, variação nas propriedades do solo,

volume de solo explorado pelo sistema radicular, além da variedade utilizada como porta enxerto. Faria et al. (2016) avaliando o conteúdo de nutrientes na mangueira "Tommy Atkins" nas fases de florescimento e frutificação, encontraram maiores teores de Ca no período da frutificação ( $27,2 \text{ g kg}^{-1}$ ) em relação ao florescimento ( $20,0 \text{ g kg}^{-1}$ ).

O conteúdo dos macro e micronutrientes acumulados e estimados com base na matéria seca e no teor dos nutrientes nas plantas de mangueira, possibilita prever a quantidade de nutrientes a ser fornecida às plantas por meio de adubações, para que ela tenha pleno desenvolvimento e atinja o seu máximo potencial produtivo (Prezotti e Bragança, 2013). Entretanto, são vários os fatores que interferem na acumulação dos nutrientes pelas culturas. Dentre os fatores abióticos, a água tem papel fundamental na eficiência do uso de Ca, uma vez que o contato íon/raiz ocorre preferencialmente pelo fluxo de massa e segue o fluxo de transpiração (Prado, 2008). O Ca juntamente com o N, são os nutrientes requeridos em maiores quantidades pela cultura da mangueira, acumulando-se no tecido vegetal devido a sua relativa imobilidade no floema (Inanaga et al. 1988; Turan et al., 2018).

Assim como observado para C e os macronutrientes, os conteúdos de Na e micronutrientes incrementaram-se exponencialmente na matéria seca das plantas de mangueira em função do diâmetro do caule (Figura 6).



**Figura 6.** Conteúdos de sódio e micronutrientes em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.

Faria et al. (2016) avaliando o conteúdo de nutrientes em manga 'Tommy Atkins' nas fases de florescimento e frutificação, encontraram diferenças significativas nos teores de Zn nas folhas para os dois ciclos de produção avaliados. Uma das funções do Zn nas plantas é a síntese de proteínas e AIA (Ácido Indol Acético), além de auxiliar na absorção de água (Sinha et al., 2017). O aumento do teor de nutrientes entre a floração e a frutificação pode estar associado ao aumento do nível de irrigação no período de frutificação (100 % ETc), o que possibilita um melhor deslocamento desses nutrientes no solo e sua absorção pela planta. A disponibilidade constante de água para as plantas de mangueira na região do Vale do São Francisco, pode justificar o acúmulo de Zn nas plantas avaliadas (Faria et al., 2016).

Ali (2018) usando como ferramentas o método da Linha de Fronteira e CND para diagnosticar a composição nutricional das plantas de mangueira na região de El-Salhiya no Egito, constatou interações positivas (P-K) e negativas (P-Mg, K-Mg, Ca-Zn, P-Fe, K-Fe e Zn-Cu) entre os nutrientes, o que pode favorecer ou desfavorecer, respectivamente a absorção e conseqüentemente a acumulação desses nutrientes pelas plantas. Para Medeiros et al. (2005) e Costa et al. (2011) em estudo com a cultura da mangueira, elementos com grande mobilidade no floema como P, K e Mg apresentam tendência a diminuir com a idade das folhas.

O Cu é um micronutriente constituinte de várias proteínas que atuam na fotossíntese, respiração, desintoxicação de radicais superóxidos e lignificação (Kirkby e Römheld, 2007). Em condição de deficiência de Cu, ocorre uma redução drástica da atividade destas proteínas, afetando diretamente o desenvolvimento da planta. No entanto, supõe-se que as plantas avaliadas estiveram suprimento adequado de Cu na fase de formação e produção, sendo comprovado pelo satisfatório incremento desse nutriente nas plantas de mangueira.

Os valores elevados de Fe na biomassa vegetativa das plantas de mangueira podem estar associados a quantificação do Fe contido em partículas de solo que possivelmente ficaram aderidas ao sistema radicular no processo de lavagem e posteriormente triturado junto ao sistema radicular. Sinha et al. (2017), relatam valores da ordem de 228,41 mg kg<sup>-1</sup> de Fe registrada em frutos da variedade Sabri na região de Bihar na Índia.

Os elementos minerais são classificados, em geral, de acordo com a sua concentração no tecido vegetal em macro e micronutrientes. No entanto, em alguns casos, as diferenças na concentração nos tecidos entre macro e micronutrientes não são tão grandes como, por exemplo, alguns tecidos vegetais, como o mesófilo, que contém quase tanto Mn e Fe como S ou Mg (Taiz et al., 2017). Ainda segundo esses autores, esses elementos estão frequentemente, presentes em concentrações maiores do que as necessidades mínimas dos vegetais, como observado no presente estudo.

As fertilizações com micronutrientes na cultura da mangueira são recorrentes, favorecendo a eficiência produtiva das plantas (Genú e Pinto, 2002). O boro não é facilmente retranslocado na planta, devendo ser suprido adequadamente pelo solo (Turan et al., 2018). Se necessário, aplicações foliares podem ser eficientes durante o florescimento, para evitar ou minimizar os problemas com o florescimento e polinização, além de frutos de tamanho reduzido (Silva et al., 2004).

### 3.4 Conteúdo e partição de nutrientes

#### 3.4.1. Carbono

Tendo em vista questões relacionadas as mudanças climáticas, culturas perenes como a mangueira, desempenham papel importante para o ecossistema terrestre, sequestrando CO<sub>2</sub> atmosférico na biomassa vegetal e promovendo a mitigação das emissões de CO<sub>2</sub> para a atmosfera. Estima-se que plantas de macieira sejam capazes de fixar cerca de 20 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub> do ar e mais de 15 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de O<sub>2</sub>, equivalentes a mais de 5 bilhões de BTUs o poder de resfriamento (Lakso, 2010). Estudos com plantas cítricas, mostraram que o carbono sequestrado na biomassa variou de 23,9 t ha<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub> nas plantas jovens para 109 t ha<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub> para plantas mais velhas (Srivastava e Malhotra, 2012).

**Tabela 7.** Conteúdo de carbono em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.

Componentes	Idades (ano)						Média	DP
	1	2	4	7	12	(t ha <sup>-1</sup> )		
Folhas	0,17	0,53	0,29	3,27	2,02	1,26	1,35	
Galhos finos	0,08	0,72	0,67	2,51	2,81	1,36	1,22	
Galhos grossos	-	-	0,94	3,94	4,67	3,19	1,98	
(Copa)	0,25	1,25	1,90	9,72	9,50	4,52	4,68	
Caule	0,15	0,59	0,34	2,08	1,03	0,84	0,77	
(Parte aérea)	0,40	1,84	2,24	11,80	10,53	5,36	5,36	
Raízes	0,07	0,18	0,39	2,48	0,96	0,82	0,99	
Planta total	0,47	2,02	2,63	14,28	11,49	6,18	6,25	

DP = Desvio padrão

**Tabela 8.** Partição de carbono em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.

Componentes	Idades (ano)						Média	DP
	1	2	4	7	12	(%)		
Folhas	36,12	26,50	12,48	22,95	17,47	23,10	9,02	
Galhos finos	17,13	35,66	26,49	17,40	24,52	24,24	7,63	
Galhos grossos	-	-	32,95	27,69	40,58	20,24	19,04	
(Copa)	53,25	62,16	71,92	68,04	82,57	67,59	10,94	
Caule	31,20	29,12	12,92	14,69	9,11	19,41	10,05	
(Parte aérea)	84,45	91,28	84,84	82,73	91,69	87,00	4,17	
Raízes	15,55	8,73	15,16	17,27	8,31	13,01	4,17	
Planta total	100	100	100	100	100	100	-	

DP = Desvio padrão

### 3.4.2. Nutrientes minerais

Os conteúdos e a partição dos macronutrientes nos compartimentos das plantas de mangueira, são mostrados nas Tabelas 9 a 18 e o sódio nas Tabela 19 e 20.

**Tabela 9.** Conteúdo de nitrogênio em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.

Componentes	Idades (ano)						Média	DP
	1	2	4	7	12	(kg ha <sup>-1</sup> )		
Frutos	-	-	6,89	53,13	25,18	28,40	23,29	
Folhas	6,27	18,32	10,88	122,10	69,33	45,38	49,78	
Galhos finos	0,68	9,33	11,36	12,71	44,38	15,69	16,70	
Galhos grossos	-	-	15,55	24,62	79,39	39,85	34,54	
(Copa)	6,95	27,65	44,68	212,56	218,28	102,02	104,39	
Caule	1,29	4,48	3,23	6,56	3,21	3,75	1,94	
(Parte aérea)	8,24	32,13	47,91	219,12	221,49	105,78	105,50	
Raízes	0,92	2,01	6,35	22,17	13,89	9,07	8,92	
Planta total	9,16	34,14	54,26	241,29	235,38	114,85	113,88	

**Tabela 10.** Partição de nitrogênio em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.

Componentes	Idades (ano)						
	1	2	4	7	12	Média	DP
	(% )						
Frutos	-	-	13,31	21,86	11,00	9,23	9,35
Folhas	68,49	53,85	20,51	50,66	28,93	44,49	19,49
Galhos finos	7,48	27,01	21,31	5,27	17,99	15,81	9,23
Galhos grossos (Copa)	-	-	27,23	10,25	34,62	14,42	15,85
Caule (Parte aérea)	75,97	80,86	82,36	88,04	92,54	83,95	6,45
Raízes	14,10	13,23	5,85	2,75	1,42	7,47	5,89
Planta total	90,07	94,09	88,21	90,79	93,96	91,42	2,55
	9,93	5,90	11,79	9,21	6,04	8,57	2,56
	100	100	100	100	100	100	-

DP = Desvio padrão

**Tabela 11.** Conteúdo de fósforo em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.

Componentes	Idades (ano)						
	1	2	4	7	12	Média	DP
	(kg ha <sup>-1</sup> )						
Frutos	-	-	1,16	7,64	4,43	4,41	3,24
Folhas	0,57	1,84	1,22	16,08	7,13	5,37	6,53
Galhos finos	0,23	1,45	2,19	6,75	16,55	5,43	6,69
Galhos grossos (Copa)	-	-	2,17	21,52	6,33	10,01	10,18
Caule (Parte aérea)	0,80	3,29	6,74	51,99	34,44	25,22	26,64
Raízes	0,11	0,60	0,48	6,33	1,15	1,73	2,60
Planta total	0,91	3,89	7,22	58,32	35,59	26,95	29,24
	0,15	0,54	2,25	8,57	8,19	3,94	4,13
	1,06	4,43	9,47	66,89	43,78	30,89	33,37

DP = Desvio padrão

**Tabela 12.** Partição de fósforo em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.

Componentes	Idades (ano)						Média	DP
	1	2	4	7	12			
	(% )							
Frutos	-	-	12,08	11,85	9,90	11,28	1,20	
Folhas	54,69	41,93	14,65	26,00	16,09	30,67	17,28	
Galhos finos	21,01	32,59	22,61	10,27	37,43	24,78	10,61	
Galhos grossos	-	-	20,54	31,11	14,55	22,07	8,39	
(Copa)	75,70	74,52	69,88	79,23	77,97	75,46	3,63	
Caule	10,21	13,53	5,11	8,96	2,68	8,10	4,27	
(Parte aérea)	85,91	88,05	74,99	88,19	80,65	83,56	5,68	
Raízes	14,10	11,95	25,01	11,81	19,36	16,44	5,68	
Planta total	100	100	100	100	100	100	-	

DP = Desvio padrão

**Tabela 13.** Conteúdo de potássio em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.

Componentes	Idades (ano)						Média	DP
	1	2	4	7	12			
	(kg ha <sup>-1</sup> )							
Frutos	-	-	21,90	120,77	89,07	77,25	50,49	
Folhas	2,17	20,41	9,03	92,61	113,88	47,62	51,74	
Galhos finos	1,42	15,85	10,86	99,42	117,63	49,04	54,93	
Galhos grossos	-	-	8,02	47,88	34,00	29,97	20,23	
(Copa)	85,91	88,05	74,99	88,19	80,65	83,56	5,68	
Caule	1,64	5,61	2,10	21,08	4,63	7,01	8,04	
(Parte aérea)	5,23	41,87	51,91	381,76	359,21	168,00	185,83	
Raízes	1,58	4,41	7,54	79,58	10,93	20,81	33,04	
Planta total	6,81	46,28	59,45	461,34	370,14	188,80	210,55	

DP = Desvio padrão

**Tabela 14.** Partição de potássio em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.

Componentes	Idades (ano)						Média	DP
	1	2	4	7	12	(%)		
Frutos	-	-	36,08	25,70	25,36	29,05	6,09	
Folhas	28,03	43,28	15,79	19,89	30,62	27,52	10,65	
Galhos finos	21,35	35,30	19,08	22,44	30,40	25,71	6,85	
Galhos grossos	-	-	12,51	10,43	9,25	10,73	1,65	
(Copa)	49,38	78,58	83,46	78,46	95,63	77,10	17,00	
Caule	24,45	11,95	3,42	4,66	1,37	9,17	9,43	
(Parte aérea)	73,83	90,53	86,88	83,12	97,00	86,27	8,64	
Raízes	26,17	9,47	13,13	16,88	3,00	13,73	8,63	
Planta total	100	100	100	100	100	100	-	

DP = Desvio padrão

**Tabela 15.** Conteúdo de cálcio em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.

Componentes	Idades (ano)						Média	DP
	1	2	4	7	12	(kg ha <sup>-1</sup> )		
Frutos	-	-	2,48	4,05	9,73	5,42	3,81	
Folhas	6,10	15,91	7,63	185,21	43,75	51,72	76,14	
Galhos finos	0,10	6,36	9,71	25,41	89,78	26,27	36,71	
Galhos grossos	-	-	12,53	18,65	10,26	13,81	4,34	
(Copa)	6,20	22,27	32,35	233,32	153,52	89,53	99,38	
Caule	0,23	1,82	2,75	10,22	1,90	3,38	3,93	
(Parte aérea)	6,43	24,09	35,10	243,54	155,42	92,92	102,66	
Raízes	0,57	1,87	3,31	20,66	16,25	8,53	9,24	
Planta total	7,00	25,96	38,41	264,20	171,67	101,45	111,82	

DP = Desvio padrão

**Tabela 16.** Partição de cálcio em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.

Componentes	Idades (ano)						Média	DP
	1	2	4	7	12	(%)		
Frutos	-	-	6,31	1,57	7,41	5,09	3,10	
Folhas	86,01	60,59	23,34	68,65	24,73	52,67	27,70	
Galhos finos	1,41	24,81	26,56	10,28	49,30	22,47	18,26	
Galhos grossos	-	-	28,18	7,24	7,39	14,27	12,05	
(Copa)	87,42	85,40	84,39	87,74	88,83	86,76	1,81	
Caule	3,75	7,48	7,02	4,08	1,29	4,72	2,55	
(Parte aérea)	91,17	92,88	91,41	91,82	90,12	91,48	1,00	
Raízes	8,83	7,12	8,59	8,18	9,88	8,52	1,00	
Planta total	100	100	100	100	100	100	-	

DP = Desvio padrão

**Tabela 17.** Conteúdo de magnésio em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.

Componentes	Idades (ano)						Média	DP
	1	2	4	7	12	(kg ha <sup>-1</sup> )		
Frutos	-	-	1,06	16,13	4,11	7,10	7,96	
Folhas	0,74	3,11	1,63	25,65	11,90	8,61	10,52	
Galhos finos	0,09	1,02	1,12	12,92	15,02	6,03	7,29	
Galhos grossos	-	-	1,30	29,75	10,26	13,77	14,55	
(Copa)	0,83	4,13	5,11	84,45	41,29	27,16	36,03	
Caule	0,25	0,88	0,43	16,31	1,90	3,95	6,94	
(Parte aérea)	1,08	5,01	5,54	100,76	43,19	31,12	42,53	
Raízes	0,16	0,49	1,84	12,92	3,73	3,83	5,27	
Planta total	1,24	5,50	7,38	113,68	46,92	34,94	47,71	

DP = Desvio padrão

**Tabela 18.** Partição de magnésio em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.

Componentes	Idades (ano)						Média	DP
	1	2	4	7	12	(%)		
Frutos	-	-	14,01	13,91	9,00	12,30	2,86	
Folhas	58,48	56,73	24,15	22,85	25,12	37,46	18,41	
Galhos finos	7,19	18,62	14,94	11,53	30,84	16,62	9,00	
Galhos grossos	-	-	16,36	26,43	22,71	21,83	5,09	
(Copa)	65,67	75,35	69,46	74,72	87,67	74,57	8,33	
Caule	19,69	15,84	5,81	14,24	4,21	11,96	6,67	
(Parte aérea)	85,36	91,19	75,27	88,96	91,88	86,53	6,79	
Raízes	14,64	8,81	24,73	11,05	8,12	13,47	6,79	
Planta total	100	100	100	100	100	100	-	

DP = Desvio padrão

**Tabela 19.** Conteúdo de sódio em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.

Componentes	Idades (ano)						Média	DP
	1	2	4	7	12	(kg ha <sup>-1</sup> )		
Frutos	-	-	0,87	9,18	3,95	4,67	4,20	
Folhas	0,48	1,61	1,42	9,63	4,05	3,44	3,70	
Galhos finos	0,34	2,23	3,77	6,07	2,47	7,42	9,90	
Galhos grossos	-	-	5,99	8,03	1,42	9,42	4,30	
(Copa)	0,82	3,84	12,05	32,91	11,89	17,26	16,75	
Caule	0,53	2,00	5,50	4,20	12,47	4,94	4,63	
(Parte aérea)	1,35	5,84	17,55	37,11	24,36	22,20	20,80	
Raízes	0,56	1,40	3,25	7,27	7,59	4,01	3,27	
Planta total	1,91	7,24	20,80	44,38	31,95	21,26	17,46	

DP = Desvio padrão

**Tabela 20.** Partição de sódio em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.

Componentes	Idades (ano)						Média	DP
	1	2	4	7	12	(%)		
Frutos	-	-	4,12	20,14	5,68	9,98	8,84	
Folhas	25,64	22,55	9,42	22,18	6,10	17,18	8,78	
Galhos finos	17,52	30,97	16,85	13,47	36,22	23,00	9,96	
Galhos grossos (Copa)	-	-	23,86	18,36	21,57	21,26	2,76	
Caule (Parte aérea)	43,16	53,52	54,25	74,15	69,57	58,93	12,70	
Raízes	26,26	27,40	26,96	9,62	19,23	21,89	7,63	
Planta total	69,42	80,92	81,21	83,77	88,80	80,82	7,12	
	30,58	19,09	18,79	16,23	11,20	19,18	7,12	
	100	100	100	100	100	100	-	

DP = Desvio padrão

As taxas médias de acumulação dos macronutrientes e sódio ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e as respectivas partições (entre parênteses) na parte aérea e sistema radicular da mangueira, são as seguintes: N = 105,78 e 9,07 (91,42 e 8,57 %); P = 26,95 e 3,94 (83,56 e 16,44 %); K = 168,00 e 20,81 (86,27 e 13,73 %); Ca = 92,92 e 8,53 (91,48 e 8,52 %); Mg = 31,12 e 3,83 (86,53 e 13,47 %) e Na = 22,20 e 4,01 (80,82 e 19,18 %), estabelecendo-se as seguintes ordens decrescentes de acumulação, para parte aérea: K > N > Ca > Mg > P > Na e para o sistema radicular: K > N > Ca > Na > P > Mg (Tabelas 9 a 20).

O conteúdo dos nutrientes nas partes permanentes das plantas de mangueira (caule e galhos), tem sua relevância fundamentada no processo conhecido como ciclagem bioquímica, por meio do qual os nutrientes acumulados nesses compartimentos, são redistribuídos internamente para um órgão novo em desenvolvimento. Entretanto, os conteúdos dos nutrientes nesses compartimentos, principalmente no caule, são menores, visto que as células desse compartimento já terem perdido o seu protoplasto, aliado a demanda de nutrientes nos pontos de crescimento secundário brotações novas e frutos (Prezotti e Bragança, 2013).

A aplicação de fertilizantes em mangueiras, quando estas se encontram em estágio produtivo, deve ter como objetivo aumentar as reservas de nutrientes nos

compartimentos permanentes, para suprir a demanda pela planta e atingir a produção sustentada de frutos (Kotur e Murthy, 2010). Silva et al. (2004) afirmam que culturas perenes como a mangueira, mantêm grande quantidade de nutrientes acumulados na sua biomassa, razão pela qual essas plantas não respondem rapidamente à adubação. Adubações realizadas na cultura da mangueira no período vegetativo de um ano, serão normalmente importantes para o próximo ciclo de produção, sendo estes nutrientes responsáveis pelos processos de crescimento vegetativo e floração e, dependendo do nível de reservas, podem suprir a planta no início da frutificação (Silva et al., 2004; Cavalcante et al., 2016).

Ao avaliarem a imobilização de macronutrientes em partes permanentes da cultura da pereira, Verlindo et al. (2014) verificaram menor acúmulo de K no caule das plantas em relação as raízes e galhos. Stassen et al. (2000) avaliando a absorção, distribuição e requerimento de macronutrientes, por plantas de mangueira “Sensation” na África do Sul, concluíram que a absorção de K ocorre principalmente no final da primavera, verão e outono. Esses autores recomendam que uma aplicação anual de K, em dose única durante a primavera, deve ser suficiente para suprir a demanda da mangueira, cultivada na maioria dos solos estudados.

Apesar da grande quantidade de nutrientes exportados pelas folhas e frutos da mangueira, uma proporção desses são ciclados bioquimicamente e translocados para partes permanentes (caules e galhos) assim como para brotações jovens das plantas. Entretanto, no manejo da adubação esses nutrientes não têm sido considerados como supridores de nutriente para as plantas, visto que a literatura não disponibiliza a magnitude dessa ciclagem, nem tão pouco a quantidade de nutrientes que retornam ao solo por meio das podas de produção (Rodríguez-Pleguezuelo et al., 2017).

É possível inferir que a medida que o pomar vai envelhecendo, a planta tende a tornar-se menos eficiente em acumular nutrientes nos seus partes permanentes, ou seja, que não são renovados constantemente, podendo destacar os galhos grossos e, principalmente, o caule, que apresentam grande quantidade de células que já perderam o seu protoplasto. Fato esse, aliado à renovação do dorso das plantas anualmente por ocasião da poda de produção, proporciona crescimento secundário dos galhos, fazendo com que os teores de nutrientes nos compartimentos considerados permanentes sejam menores (Prezotti e Bragança, 2013).

A taxa de acumulação de nutrientes pode estar associada à sua mobilização para a formação no novo fluxo vegetativo e posteriormente suprir a demanda pelos frutos

(ciclagem bioquímica), fazendo com que ocorra uma diminuição nas partes permanentes das plantas de mangueira dos nutrientes considerados móveis no floema (Almeida et al., 2014).

O N é considerado nutriente-chave no crescimento da mangueira, visto que a cultura apresenta antagonismo entre crescimento e florescimento (Silva et al., 2004; Fernando et al., 2010). Neste sentido Salomão et al. (2018), ao avaliarem a produção da mangueira 'Ubá' submetida à poda de rejuvenescimento e adubada com nitrogênio, concluíram que a produção por planta e o número de frutos por planta se estabilizaram na quinta colheita ou seja, aos sete anos após a primeira poda de formação, com a produção máxima alcançada com a dose de  $238,9 \text{ g planta}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de N.

A concentração do N mais elevada nas folhas, também pode ser justificada pela sua participação na síntese de clorofila e por atuar efetivamente na fotossíntese, deixando-o no centro das atividades metabólicas das plantas, desempenhando assim papel importante no crescimento e acúmulo desse nutriente na cultura da mangueira (Prado, 2008). As folhas são consideradas centro das atividades metabólicas da planta e possuem a maior proporção de células vivas, por essa razão, tendem a apresentar os maiores teores e consequente acúmulo de nutrientes (Prezotti e Bragança, 2013).

Os conteúdos e a partição dos micronutrientes nos compartimentos das plantas de mangueira, são mostrados nas Tabelas 21 a 30.

**Tabela 21.** Conteúdo de cobre em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.

Componentes	Idades (ano)						Média	DP
	1	2	4	7	12	(g ha <sup>-1</sup> )		
Frutos	-	-	2,75	41,26	11,93	18,65	20,12	
Folhas	4,12	6,31	1,82	28,12	18,14	11,70	11,13	
Galhos finos	1,07	8,25	4,11	21,73	65,24	20,08	26,45	
Galhos grossos	-	-	4,12	23,05	23,91	17,03	11,18	
(Copa)	5,19	14,56	12,80	114,16	119,22	53,19	58,11	
Caule	1,15	3,65	8,93	14,07	22,05	9,97	8,39	
(Parte aérea)	6,34	18,21	21,73	128,23	141,27	63,16	65,77	
Raízes	1,63	5,48	3,39	31,18	8,79	10,09	12,08	
Planta total	7,97	23,69	25,12	159,41	150,06	73,25	74,76	

DP = Desvio padrão

**Tabela 22.** Partição de cobre em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.

Componentes	Idades (ano)						Média	DP
	1	2	4	7	12	(%)		
Frutos	-	-	11,64	25,17	8,75	15,19	8,76	
Folhas	48,70	25,90	7,87	17,86	12,09	22,48	16,14	
Galhos finos	14,92	34,30	16,34	13,85	39,27	23,73	12,07	
Galhos grossos	-	-	15,69	14,59	17,82	16,03	1,64	
(Copa)	63,62	60,20	51,54	71,47	77,93	64,95	10,19	
Caule	15,56	15,34	35,25	9,15	15,82	18,22	9,92	
(Parte aérea)	79,18	75,54	86,79	80,62	93,75	83,18	7,17	
Raízes	20,82	24,46	13,21	19,38	6,26	16,82	7,17	
Planta total	100	100	100	100	100	100	-	

DP = Desvio padrão

**Tabela 23.** Conteúdo de zinco em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.

Componentes	Idades (ano)					Média	DP
	1	2	4	7	12		
	(g ha <sup>-1</sup> )						
Frutos	-	-	11,15	96,58	56,32	54,68	42,74
Folhas	3,54	17,88	17,07	448,61	127,17	122,85	188,80
Galhos finos	1,34	13,33	26,42	41,46	294,28	75,36	123,29
Galhos grossos	-	-	34,96	67,66	105,90	69,51	35,51
(Copa)	4,88	31,21	89,60	654,31	583,67	272,73	318,55
Caule	2,33	9,55	36,66	53,96	83,59	37,22	33,22
(Parte aérea)	7,21	40,76	126,66	708,27	667,26	310,03	347,86
Raízes	5,89	20,27	44,31	318,58	77,01	93,21	128,83
Planta total	13,10	61,03	170,57	1026,85	744,27	403,16	455,15

DP = Desvio padrão

**Tabela 24.** Partição de zinco em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.

Componentes	Idades (ano)					Média	DP
	1	2	4	7	12		
	(%)						
Frutos	-	-	6,58	9,29	8,37	8,08	1,38
Folhas	27,77	29,47	10,85	44,33	16,77	25,84	12,90
Galhos finos	10,10	21,63	16,04	4,07	35,51	17,47	12,02
Galhos grossos	-	-	20,37	6,87	15,58	14,27	6,85
(Copa)	37,87	51,10	53,84	64,56	76,23	56,72	14,47
Caule	17,37	15,54	21,73	5,22	12,40	14,45	6,17
(Parte aérea)	55,24	66,64	75,57	69,78	88,63	71,17	12,25
Raízes	44,76	33,36	24,44	30,22	11,37	28,83	12,25
Planta total	100	100	100	100	100	100	-

DP = Desvio padrão

**Tabela 25.** Conteúdo de ferro em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.

Componentes	Idades (ano)						Média	DP
	1	2	4	7	12	(g ha <sup>-1</sup> )		
Frutos	-	-	34,77	46,00	147,29	76,02	61,98	
Folhas	27,44	70,91	23,30	290,25	191,97	120,77	116,72	
Galhos finos	6,49	64,91	21,65	11,00	133,85	47,58	53,48	
Galhos grossos	-	-	15,99	18,81	188,53	74,44	98,81	
(Copa)	33,93	135,82	95,71	366,06	661,64	258,63	257,91	
Caule	19,75	69,12	241,33	50,09	177,00	111,46	93,72	
(Parte aérea)	53,68	204,94	337,04	416,15	838,64	370,09	295,86	
Raízes	211,44	412,83	595,31	4923,89	910,63	1410,82	1980,62	
Planta total	265,12	617,77	932,35	5340,04	1749,27	1780,91	2063,91	

DP = Desvio padrão

**Tabela 26.** Partição de ferro em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.

Componentes	Idades (ano)						Média	DP
	1	2	4	7	12	(%)		
Frutos	-	-	3,89	0,82	8,50	4,40	3,87	
Folhas	10,73	11,64	2,68	5,81	11,11	8,39	3,96	
Galhos finos	2,37	10,74	2,45	0,22	7,62	4,68	4,35	
Galhos grossos	-	-	1,67	0,40	10,27	4,11	5,37	
(Copa)	13,10	22,38	10,69	7,25	37,50	18,18	12,17	
Caule	7,48	11,87	23,82	1,05	10,29	10,90	8,32	
(Parte aérea)	20,58	34,25	34,51	8,30	47,79	29,09	15,09	
Raízes	79,42	65,75	65,49	91,70	52,22	70,91	15,08	
Planta total	100	100	100	100	100	100	-	

DP = Desvio padrão

**Tabela 27.** Conteúdo de manganês em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.

Componentes	Idades (ano)						Média	DP
	1	2	4	7	12	(g ha <sup>-1</sup> )		
Frutos	-	-	20,16	127,71	59,34	69,07	54,43	
Folhas	59,56	212,15	119,05	1633,28	785,30	561,87	664,93	
Galhos finos	1,46	13,08	23,57	91,81	257,03	77,39	106,39	
Galhos grossos	-	-	22,48	93,35	140,79	85,54	59,54	
(Copa)	61,02	225,23	185,26	1946,15	1242,46	732,02	827,75	
Caule	2,79	9,38	34,01	58,51	116,88	44,31	46,15	
(Parte aérea)	63,81	234,61	219,27	2004,66	1359,34	776,34	860,26	
Raízes	3,71	7,87	25,99	86,59	78,62	40,56	39,39	
Planta total	67,52	242,48	245,26	2091,25	1437,96	816,89	898,33	

DP = Desvio padrão

**Tabela 28.** Partição de manganês em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.

Componentes	Idades (ano)						Média	DP
	1	2	4	7	12	(%)		
Frutos	-	-	8,73	6,85	4,23	6,61	2,26	
Folhas	88,23	87,51	46,66	77,06	53,54	70,60	19,38	
Galhos finos	2,16	5,45	9,74	4,41	17,03	7,76	5,87	
Galhos grossos	-	-	9,74	4,54	10,59	8,29	3,27	
(Copa)	90,39	92,96	74,87	92,86	85,39	87,29	7,59	
Caule	4,01	4,00	14,18	2,81	8,92	6,78	8,32	
(Parte aérea)	94,40	96,96	89,05	95,67	94,31	94,08	3,01	
Raízes	5,61	3,04	10,95	4,33	5,70	5,92	3,01	
Planta total	100	100	100	100	100	100	-	

DP = Desvio padrão

**Tabela 29.** Conteúdo de boro em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.

Componentes	Idades (ano)						Média	DP
	1	2	4	7	12	(g ha <sup>-1</sup> )		
Frutos	-	-	13,96	109,37	10,97	44,77	55,97	
Folhas	0,84	3,72	23,92	25,09	122,58	35,23	50,09	
Galhos finos	1,01	8,86	8,47	32,53	33,37	16,85	15,03	
Galhos grossos	-	-	11,32	47,70	21,55	26,86	18,76	
(Copa)	1,85	12,58	57,67	214,69	188,47	95,05	99,91	
Caule	1,63	6,40	18,05	27,14	36,70	17,98	14,46	
(Parte aérea)	3,48	18,98	75,72	241,83	225,17	113,04	113,36	
Raízes	1,74	2,05	9,11	65,13	71,30	29,87	35,20	
Planta total	5,22	21,03	84,83	306,96	296,47	142,90	148,05	

DP = Desvio padrão

**Tabela 30.** Partição de boro em plantas de mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.

Componentes	Idades (ano)						Média	DP
	1	2	4	7	12	(%)		
Frutos	-	-	16,40	33,71	5,04	18,38	14,44	
Folhas	15,00	16,76	30,06	8,46	39,74	22,00	12,64	
Galhos finos	19,95	42,60	10,16	10,78	10,63	18,82	13,90	
Galhos grossos	-	-	12,38	16,24	8,53	12,38	3,85	
(Copa)	34,95	59,36	69,00	69,19	63,94	59,29	14,20	
Caule	32,22	30,94	21,09	9,04	12,52	21,16	10,48	
(Parte aérea)	67,17	90,30	90,09	78,23	76,46	80,45	9,84	
Raízes	32,83	9,70	9,91	21,77	23,54	19,55	9,84	
Planta total	100	100	100	100	100	100	-	

DP = Desvio padrão

As taxas médias de acumulação dos micronutrientes ( $\text{g ha}^{-1}$ ) e as respectivas partições (entre parênteses) na parte aérea e no sistema radicular das plantas de mangueira estudadas, são as seguintes: Cu = 63,16 e 10,09 (83,18 e 16,82 %), Zn = 310,03 e 93,21 (71,17 e 28,83 %); Fe = 370,09 e 1410,82 (29,09 e 70,91 %); Mn = 776,34 e 40,56 (94,08 e 5,92 %) e B = 113,04 e 29,87 (80,45 e 19,55 %), estabelecendo as seguintes ordens decrescentes de acumulação, para parte aérea: Mn > Fe > Zn > B > Cu e o sistema radicular: Fe > Zn > Mn > B > Cu (Tabelas 21 a 30).

O Mn e Zn podem ter a sua absorção afetada pela maior concentração de Mg, por se tratarem de elementos com valência, raio iônico e grau de hidratação semelhantes (Kabata-Pendias e Pendias, 1984). Entretanto, no presente estudo, essas interações antagônicas não foram pronunciadas, visto não terem sido diagnosticados, sintomas de deficiência desses nutrientes nas plantas de mangueira, estando as plantas com teores considerados adequados para a cultura (Silva et al., 2002).

Os valores médios de Zn e Fe nas plantas avaliadas estão muito próximos, demonstrando que não houve antagonismo na assimilação e acumulação desses dois micronutrientes, nas condições edafoclimáticas em que as mangueiras se encontravam. O Zn está associado ao Fe e ao Mn na formação da clorofila e é essencial para a síntese de proteínas (Silva et al., 2004). No entanto, as interações que ocorrem entre Zn  $\times$  Fe nas plantas, ainda não estão bem esclarecidas na literatura, sendo a interação antagônica entre esses dois nutrientes, a mais conhecida. Silva e Trevizan (2015), afirmam que a presença de Zn em altas concentrações nas folhas, inibe o metabolismo do Fe, deixando as folhas totalmente cloróticas, e posteriormente esbranquiçadas, ocasionando o retardamento no crescimento das plantas.

O maior conteúdo de Fe no sistema radicular, pode estar associado à sua quantificação em partículas de solo, trituradas junto ao sistema radicular na preparação da amostra para análise. Santos et al. (2014) avaliando o rendimento de frutos e a distribuição do sistema radicular da mangueira ‘Tommy Atkins’ em diferentes regimes de irrigação no semiárido baiano, concluíram que a maior quantidade das raízes absorventes concentram-se de 0,50 a 1,50 m de distância do tronco e a 0,20 a 0,90 m de profundidade no solo, sugerindo que o volume de solo explorado no presente trabalho, foi suficiente para estimar o volume radicular e conseqüentemente o acúmulo dos nutrientes nas raízes das plantas da mangueira.

Almeida et al. (2009) afirmam que para o manejo adequado de uma cultura, em especial as frutíferas perenes como a mangueira, torna-se imprescindível o

conhecimento de vários fatores agronômicos, entre os quais o desenvolvimento e a distribuição do sistema radicular. Nesse sentido, os autores desenvolveram um experimento objetivando avaliar a distribuição do sistema radicular do porta-enxerto coquinho sob copa da mangueira cultivar Haden, e concluíram que a maior concentração de raízes de absorção ( $\varnothing < 10$  mm) ocorreu na faixa compreendida entre 0,0 e 1,66 m do tronco, distribuídas ao longo do perfil analisado (0,0 a 1,0 m de profundidade). Dessa forma, sabendo-se como o sistema radicular se distribui e o conteúdo dos nutrientes acumulados na raiz, é possível aperfeiçoar o manejo da adubação, possibilitando reduzir custos de produção.

Rozane et al. (2007) buscando determinar, para a mangueira, o número ideal de plantas a serem amostradas para diagnose do estado nutricional da mangueira e avaliar a variação do erro amostral para coleta de folhas em pomares de mangueira cv. Palmer, no município de Vista Alegre do Alto-SP, relatam que para os micronutrientes, foram necessárias, no mínimo, 20 plantas e, se considerar o Fe, a amostra deve ter, pelo menos, 30 plantas para manter o erro menor que 10 %, os autores atribuíram a oscilações nos resultados encontrados nas análises, a alta quantidade de óxidos de ferro presentes no solo do pomar.

Os nutrientes absorvidos do solo pelas plantas de mangueira, são utilizados fisiologicamente no ciclo seguinte, sendo esses nutrientes alocados por toda a planta incluindo, caule, galhos e raízes, onde são armazenados e permanecem assim, até que sejam redistribuídos para as brotações novas (Brunetto et al., 2016). Entretanto, no cálculo da adubação de reposição, os nutrientes imobilizados nos compartimentos perenes das plantas de mangueira e que apresentam grande potencial de ciclagem interna, não tem sido considerados (Silva et al., 2004).

As plantas de mangueira têm seu crescimento anual concentrado em duas fases principais sendo, aquela que antecede a frutificação e que ocorre após a colheita dos frutos (Genú e Pinto, 2002). Durante essas fases, a planta emite grande quantidade de flores concentradas em panículas que podem chegar até 0,50 m. A planta sustenta os frutos por um período de até 6 meses e durante este período, esses frutos atuam como dreno de nutrientes e fotoassimilados.

Portanto, para atender a demanda de nutrientes nessas fases, a planta precisa mover os nutrientes dos compartimentos de reserva (caule e galhos), para atender a demanda do órgão novo em crescimento. Embora as plantas absorvam nutrientes do solo, a taxa de absorção dessa fonte, não é suficiente para atender à demanda pela

planta, devendo haver remobilização desses nutrientes dos compartimentos de reserva (Kotur e Murthy, 2010).

### 3.5 Eficiência nutricional

As plantas de mangueira com idade de 4 anos, apresentaram superioridade em relação as idades de 7 e 12 anos, no que diz respeito aos valores de CUB\_Nuti, para produção de frutos, com destaque para Mg e P que se sobressaíram em relação aos demais macronutrientes (Tabela 31). Isso demonstra que plantas mais jovens conseguem absorver, acumular e utilizar os nutrientes com maior facilidade que plantas mais velhas (Srivastava e Malhotra, 2014; Rosim et al., 2016). Deus (2016) avaliando a demanda, partição de nutrientes e recomendação de adubação para bananeira com base em análise de solo, diagnose foliar e produtividade, encontrou diferença significativa no CUB\_Nuti para Ca e Mg nos diferentes órgãos das plantas entre as classes de produtividade, mostrando que o Ca e Mg são sensíveis as variações de produtividade.

**Tabela 31.** Coeficiente de utilização biológica (CUB) para produção de frutos pela mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.

Nutriente	Idade das plantas (ano)				
	1	2	4	7	12
	CUB (kg kg <sup>-1</sup> )				
N	-	-	27	2	9
P	-	-	167	16	62
K	-	-	8	1	3
Ca	-	-	77	38	24
Mg	-	-	177	8	58
	CUB (kg g <sup>-1</sup> )				
Cu	-	-	65	3	17
Zn	-	-	16	1	4
Fe	-	-	6	9	2
Mn	-	-	9	1	4
B	-	-	14	1	25

O Coeficiente de Utilização Biológico (CUB) é uma medida da eficiência da planta em converter o nutriente absorvido em produção de matéria seca (Rosim et al., 2016). O CUB varia dependendo do compartimento da planta, sendo calculado pelo quociente entre a matéria seca do compartimento da planta e a quantidade de nutriente acumulado nele (Equação 1).

Foi observado para as plantas de mangueira com idade de 4 anos, que essas foram mais eficientes em converter o Cu, o Zn e o Mn absorvido em matéria seca de fruto. Já as plantas com 7 anos, converteram mais facilmente o Fe absorvido e acumulado em matéria seca de fruto. Já as plantas com idade de 12 anos, apresentaram maior capacidade de conversão do B absorvido em matéria seca de fruto (Tabela 31). Tais resultados, demonstram que uma variação no  $CUB_{Nut_i}$  dos micronutrientes nas plantas de mangueira com diferentes idades, não apresentaram uma tendência lógica do comportamento das plantas em converter esses micronutrientes, como foi observado para os macronutrientes.

Souza (2007) avaliando a curva de crescimento e exportação de nutrientes e sódio por frutos de mangueira Palmer, Haden e Tommy Atkins cultivadas no município de Janaúba, região norte do estado de Minas Gerais, relatou ordem decrescente de extração dos micronutrientes e sódio pelos frutos da mangueira Palmer:  $Mn > Na > Fe > Cu > B > Zn$ , Haden:  $Mn > Fe > Na > B > Zn > Cu$  e Tommy Atkins  $Mn > Fe > Na > Cu > B > Zn$ . O Mn foi o micronutriente mais imobilizado nos frutos das três cultivares avaliadas, demonstrando capacidade maior de conversão desse nutriente em matéria seca de fruto.

Deus (2016) relacionou os valores de  $CUB_{Nut_i}$  com faixas de produtividade para os diferentes órgãos da cultura da bananeira no município de Missão Velha no estado do Ceará, e relatou que o Mn foi o micronutriente que apresentou o CUB mais sensível às variações de produtividade, apresentando diferença significativa para todos os órgãos da bananeira, não sendo observado diferença para os CUBs do Fe, Cu e B na maioria dos órgãos avaliados.

As plantas com idades de 4 e 12 anos apresentaram maior eficiência na utilização dos macro e micronutrientes absorvidos em relação as plantas com idade de 7 anos (Tabela 32). Esse comportamento pode ser explicado, pelo fato das plantas com idades 4 e 12 anos terem sido coletadas na mesma área, estando sob as mesmas condições de clima, solo e manejo. Silva et al. (2010) afirmam que os fatores edafoclimáticos, biológicos e de manejo podem influenciar a eficiência de utilização (EU), sendo,

portanto, difícil estabelecer relações que expliquem efetivamente os seus valores obtidos para diferentes situações.

**Tabela 32.** Eficiência de utilização biológica (EU) para produção de frutos pela mangueira ‘Palmer’ na região do Submédio Vale do São Francisco.

Nutriente	Idade das plantas (ano)				
	1	2	4	7	12
	EU (kg kg <sup>-1</sup> )				
N	-	-	4960	1737	17578
P	-	-	29588	11906	105394
K	-	-	1554	781	4935
Ca	-	-	14273	23371	45637
Mg	-	-	32414	5580	107954
	EU (kg g <sup>-1</sup> )				
Cu	-	-	12854	2296	39077
Zn	-	-	3059	931	8940
Fe	-	-	990	9536	3014
Mn	-	-	1728	780	7859
B	-	-	2479	875	44865

Srivastava e Malhotra (2014) estudando o manejo de nutrientes em plantas frutíferas, alertaram para a “pressão” que o cultivo dessas plantas em alta densidade, como as plantas de mangueira com idade de 7 anos (4 x 2,5 m) exercem sobre a fertilidade do solo. Isso dificulta, além do manejo nutricional, todo o sistema de produção, devido a complexidade em entender à grande variação na eficiência de utilização de nutrientes pelas plantas frutíferas.

#### 4. CONCLUSÕES

A maior acumulação de biomassa foi determinada nos compartimentos que compõem a copa das plantas de mangueira e na seguinte ordem: galhos grossos > frutos > galhos finos > folhas > caule > raiz.

Os teores médios de carbono na mangueira ‘Palmer’ se distribuíram da seguinte forma: caule > raiz > folha > galho grosso e galho fino. Os nutrientes estiveram mais

concentrados nos compartimentos que compõem a copa das plantas, obedecendo ordem: folhas > galhos finos e galhos grossos.

Os conteúdos de carbono, macro e micronutrientes foram incrementados exponencialmente na mangueira ‘Palmer’ em função do diâmetro do caule das plantas.

A mangueira com idade de 4 anos, apresentou maior eficiência na conversão dos nutrientes absorvidos em matéria seca de fruto.

Os micronutrientes foram mais eficientemente utilizados na produção de frutos pela mangueira com idade de 4 e 12 anos.

## **5. REFERÊNCIAS**

Alcarde JC, Guidolin JA, Lopes AS. Os adubos e a eficiência das adubações. 3.ed. São Paulo, Associação Nacional para Difusão de Adubos - ANDA, 1998. 35p. (Boletim Técnico).

Ali AM. Nutrient Sufficiency Ranges in Mango Using Boundary-Line Approach and Compositional Nutrient Diagnosis Norms in El-Salhiya, Egypt. *Commun. Soil Sci. Plant. Anal.* 2018;49:188–201.

Almeida EV, Fernandes FM, Boliani AC. Distribuição do sistema radicular do porta-enxerto coquinho sob copa da mangueira cv. Haden. *Rev. Bras. Frutic.* 2009;31:798-804.

Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, De Moraes Gonçalves JL, Sparovek G. Köppen’s climate classification map for Brazil. *Meteorol Zeitschrift.* 2013;22:711–728.

Anuário Brasileiro da Fruticultura – ABF. 2017. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2017. 88 p.

Assis JS de, Silva DJ, Moraes PLD de. Equilíbrio nutricional e distúrbios fisiológicos em manga ‘tommy atkins’. *Rev. Bras. Frutic.* 2004; 26: 326-329.

Barbosa LFS, Cavalcante ÍHL, Lima AMN. Desordem fisiológica e produtividade de mangueira cv. Palmer associada à nutrição de boro. *Rer. Bras. Frut.* 2016;38:1-9.

Braga JM, Defelipo BV. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solo e material vegetal. *R. Ceres.* 1974; 21: 73-85.

Bremner JM. Nitrogen Total. In: Sparts DL, ed. Methods of gril analysis. Part 3 - Chemical Methods. 1996; p.1085-1121.

Cavalcante ÍHL, Lima AMN, Carneiro MA, Rodriguez MS, Silva RL. Potassium doses on fruit production and nutrition of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Palmer. Rev. Fac. Agron. 2016;33:418–432.

Costa ME da, Caldas AVC, Oliveira A de FM, Gurgel MT, Silva RM da. Caracterização nutricional da mangueira “Tommy Atkins” em função da adubação nitrogenada. Agrop. Ci. no Semiárido. 2011; 7:16-22.

Deus JA lima de. Demanda, partição de nutrientes e recomendação de adubação para bananeira com base em análise de solo, diagnose foliar e produtividade Tese. Universidade Federal de Viçosa, 2016.

Faria LN, Donato SLR, Santos MR, Castro LG. Nutrient contents in ‘Tommy Atkins’ mango leaves at flowering and fruiting stages. Eng. Agríc. 2016;36:1073-1085.

Genú PJ de C, Pinto AC de A. A Cultura da mangueira. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 454 p.

Inanaga S, Ishimoto Y, Nishihara T. Ca-binding compounds in cell wall of peanut shell. Soil Sci Plant Nutr. 1988;34:319–26.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Rendimento médio de lavouras permanentes. 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613#resultado>. Acesso: 14 de junho de 2018.

Jacob M, Weland N, Platner C, Schaefer M, Leuschner C, Thomas FM. Nutrient release from decomposing leaf litter of temperate deciduous forest trees along a gradient of increasing tree species diversity. Soil. Biol. Biochem. 2009;41:2122–2130.

Kabata Pendias, A.; Pendias, H. Trace elements in soils and plants. Boca Raton: CRC Press, 1984. 315p.

Kirkby EA, Römheld V. Micronutrients in plant physiology: Functions, uptake and mobility. Reino Unido: The International Fertiliser Society; 2007.

Kotur SC, Keshava-Murthy SV. Nutrient dynamics of annual growth-flush in mango (*Mangifera indica* L.). J. Hortl. Sci. 2010;5:75-77.

Lakso AL. New York Fruit Quarterly. 2010;181: 26-28.

Magalhães AF de J, Borges AL. Calagem e adubação. In: Matos AP de. Manga: produção aspectos técnicos. Embrapa Mandioca e Fruticultura (Cruz Almas, BA). – Brasília: Embrapa. Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. 63 p. (Frutas do Brasil; 4.)

Mattos Júnior D, Quaggio JA, Cantarella H, Alva AK. Nutrient content of biomass components of hamlin sweet orange trees. Sci. Agric. 2003;60:155-160.

Pinto PA da C, Dias LE, Alvarez VVH, Choudhury MM, Vieira G. Avaliação do estado nutricional da mangueira Tommy Atkins no submédio do Vale do Rio São Francisco: cálculo dos índices DRIS. Rec. Rurais. 2010;36:5-13.

Prezotti LC, Bragança SM. Acúmulo de massa seca, N, P e K em diferentes materiais genéticos de café Conilon. Coffee Science. 2013;8:284-294.

Quaggio JA. Adubação e calagem para a mangueira e qualidade dos frutos. In: São José AR, Souza IVB, Filho JM, Morais OM. Manga, tecnologia de produção e mercado. Vitória da Conquista, BA, DFZ/UESB. p.106-135, 1996.

Rosim CC, Hsing TY, Paula RC de. Nutrient use efficiency in interspecific hybrids of eucalypt. Rev. Ciênc. Agron. 2016;47:540–7.

Salomão LCC, Siqueira DL, Silva DFP. Production of ‘Ubá’ mango tree submitted to rejuvenation pruning and fertilized with nitrogen. Rev. Bras. Frutic. 2018;40:1-6.

Silva AP, Alvarez V. VH, de Souza AP, Neves JCL, Novais RF, Dantas JP. Sistema de recomendação de fertilizantes e corretivos para a cultura do abacaxi FERTCALC-Abacaxi. Rev. Bras. Ciênc. Solo 2009;33:1269–80.

Silva DJ, Pereira JR, Mouco MAC, Albuquerque JAS, Raij B van; Silva CA. Nutrição mineral e adubação da mangueira em condições irrigadas. Brasília: MAPA, 2004. (Circular Técnica).

- Silva, D.J.; Quaggio, J.A.; Pinto, P.A.C.; Pinto, A.C.Q.; Magalhães, A.F.J. Nutrição e adubação. In: Genú, P.J.C.; Pinto, A.C.Q. (Ed.). A cultura da mangueira. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 191-221.
- Silva, PCG da, Coelho RC. 2010. Socioeconomia. Disponível em: <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira\\_2ed/socioeconomia.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira_2ed/socioeconomia.htm)> Acesso em: agosto de 2015.
- Sinha R, Jaiswal US, Ahmad MF, Mishra PK, Sinha S. Elemental accumulation in mango (*Mangifera indica* L.) as a function of maturity stage and variety. *J Plant Nutr* 2017;40:1805–15.
- Srivastava AK, Malhotra SK. Nutrient Management in Fruit Crops. *Indian J. Fert.* 2014;10:72-88
- Stassen PJC, Grove HG, Davie SJ. Uptake, distribution and requirements of macro elements in “Sensation” mango trees. *Acta Hortic.* 2000;509:365–374.
- Taiz L, Zeiger E, Moller I max, Murphy A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6ª. ed. – Porto Alegre : Artmed, 2017.
- Tedesco MJ, Gianello C, Bissani CA, Bohnen H, Volkweiss SJ. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS-Departamento de Solos, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5).
- Turan MA, Taban S, Kayin GB, Taban N. Effect of boron application on calcium and boron concentrations in cell wall of durum (*Triticum durum*) and bread (*Triticum aestivum*) wheat 2018;4167.
- Verlindo A, Botelho RV, Kawakami J, Sato J, Calgaro F, Rombolà AD, Marchi T. Exportation and immobilization of nutrients by pear trees from the cultivars Cascatense and Tenra. *Curr Agric Sci Technol.* 2014; 20:26–36.