

**EFEITOS DA OMISSÃO DE NUTRIENTES NA ALIMENTAÇÃO  
MINERAL DO PINHEIRO DO PARANÁ *Araucaria Angustifolia* (BERT.)  
O. KTZE CULTIVADO EM VASO\***

João Walter Simões\*\*  
H. T. Z. Couto\*\*

**SUMMARY AND CONCLUSIONS**

An assay related to mineral nutrition of Paraná Pine *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., sand culture, was carried out under outdoor conditions. It was located in the forest nursery of Forestry Department, E.S.A. «Luiz de Queiroz», in Piracicaba, SP. It aimed to study the effects of omitting an essential nutrient from the solution on plant growth. Local climate is Cwa, according to Köppen system.

A randomized block design, with three replications, was used. The plot consisted of two pots with one plant each. Nutrient solutions were supplied to the plants from containers through a hose.

Plants received HOAGLAND and ARNON (1950) complete solution or -N, -P, -K, -Ca, -Mg, -S, - Micronutrients or control (distilled water only). Fe-EDTA was added.

Seedlings were obtained in a greenhouse by sowing on sand boxes.

The seedlings were selected for a standard height, two months after sowing, and pricked out to pots containing 5 liters of washed sand. They were kept in the greenhouse for a month and then moved to outside conditions.

The plants were watered twice a day manually, and solutions replaced at 20-day intervals.

The plants were photographed, and deficiency symptoms described one year after they have been supplied with nutrient solutions. Total height and diameter were measured before plants were cut and weighed. Dry weight, fiber characteristics and mineral composition of foliage and roots were, also, obtained, and the results studied statistically.

The following conclusions can be drawn from the discussion of the results:

- 1) Culture technique was found to be efficient for growing *Araucaria angustifolia*.
- 2) Balanced nutrient solution provided normal plant growth.
- 3) It was already found symptoms of mineral deficiency in one-year-old seedlings.
- 4) N or P deficiency caused the most hard injuries to plant growth.
- 5) It is suggested that N and P be considered as the first step in the studies on mineral fertilization of Paraná Pine plantations.
- 6) Completely deficient control plants survived throughout a full year.
- 7) The omission of N limited growth and caused hard closure to the plants.
- 8) The omission of P, besides growth limitation, induced burning and death to leaves and branches.

---

\* Resumo da Tese apresentada para obtenção do título de Livre docente do Departamento de Silvicultura da E.S.A. «Luiz de Queiroz» da U.S.P., pelo primeiro autor. Apresentado no II.º Congresso Florestal Brasileiro, Curitiba, 1973.

\*\* Professores do Departamento de Silvicultura da ESALQ - USP.

- 9) The plants without N or P and the completely deficient one, had around the same height.
- 10) Plant growth was less affected by K, Ca, Mg, S or Micronutrients omission than by N or P omission.
- 11) Weight and diameter growth were decreased by N and by P omission.
- 12) Balanced solution provided greater plant weight than unbalanced one.
- 13) N, P or Mg omission decreased root growth.
- 14) Omission of S induced no visible symptoms.
- 15) Long branches lacking secondary branching were caused by Micro-nutrients deficiency.
- 16) Essential nutrient omission caused no effect on fiber length and diameter. Only fiber wall thickness was reduced by N deficiency.
- 17) The absorption of N was not affected by any other essential nutrient deficiency.
- 18) The foliage P content was not affected by any other essential nutrient deficiency.
- 19) A high content of P and K was found respectively in roots and foliage, of the plants supplied with Mg or N deficient solutions.
- 20) The deficiency of K increased Ca content in foliage.
- 21) The Ca and K deficient solutions stimulated higher Mg content in plant foliage than balanced solution.
- 22) The absorption of S by plants was not affected by any other element omission.

## 1. INTRODUÇÃO

Apesar de sua grande extensão territorial, o Brasil possui apenas três espécies gimnospermas arbóreas de ocorrência natural, das quais o pinheiro brasileiro ou pinheiro do Paraná **Araucaria angustifolia** (Bert) O. Ktze. é a única de valor econômico.

Devido ao rápido desenvolvimento industrial do país, verificado nos últimos anos, as madeiras de coníferas tornaram-se mais importantes, pela versatilidade de suas aplicações, podendo ser utilizadas para construções, chapas, móveis, engradados, caixas e embalagens de modo geral, etc. Grandes quantidades desse tipo de madeira têm sido consumidas por indústrias de celulose e papel, especialmente, aquelas que fabricam papéis resistentes do tipo «kraft» e pelas que trabalham com papel de imprensa.

GOLFARI (1967) relata que na atualidade o Brasil consome, anualmente, na indústria de construção civil, cerca de 5 milhões de metros cúbicos de madeira, dos quais 75% estão representados pelo pinho.

A **Araucaria angustifolia**, além de ser considerada a espécie nacional de maior expressão econômica, é a única com viabilidade para ser utilizada no reflorestamento em grande escala. Entretanto, é, até agora, relativamente pouco estudada e poucos são os dados concretos existentes sobre as exigências minerais, desenvolvimento e produção das plantações e, por consequência, sobre as possibilidades e limitações econômicas do reflorestamento com essa espécie.

O pinheiro é considerado como muito exigente, não só em condições climáticas favoráveis, como nas qualidades do solo, especialmente, a fertilidade. Esse aspecto tem limitado em muito a possibilidade do cultivo da espécie devido, muitas vezes, à impossibilidade de se destinar solos mais férteis ao florestamento ou reflorestamento com a Araucária.

O presente trabalho visa trazer subsídios básicos aos estudos de fertilização nas plantações do pinheiro do Paraná, contribuindo para isso, com resultados sobre as necessidades nutricionais da espécie e os sintomas de carência dos principais elementos minerais.

Tal procedimento justificar-se-ia do ponto de vista da Silvicultura em geral, em se obter dados sobre o comportamento de coníferas de crescimento rápido e, ainda, em razão do crescente interesse pela cultura do pinheiro para aplicação industrial de sua madeira, bem como pela importância de que se reveste, para o Brasil, a renovação desse precioso recurso natural.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. As florestas naturais da Araucária

Em citação de VLIET (1958), a *Araucaria angustifolia* é uma espécie primitiva, quando grande parte da terra era coberta com espécies semelhantes. Nos dias atuais, cresce somente em maciços cuja ocorrência natural, mais setentrional' de acordo com HUECK (1953), fica situado na zona da Mata, Juiz de Fora, MG, em latitude aproximada de 18°S. Limita-se ao sul pelo aparecimento de pequenos capões no Rio Grande do Sul e penetrando no Uruguai, até latitude de mais ou menos 30°S. A leste não desce a serra costeira e se mantém em altitude maior que 500 m. As florestas de Juiz de Fora são as mais orientais, em longitude de mais ou menos 40°E. A oeste, em Misiones, na Argentina, estão as florestas mais ocidentais do pinheiro brasileiro em longitude aproximada de 54°W.

### 2.2. Ecologia da espécie e possibilidades de cultivo

De acordo com GOLFARI (1967), o clima de seu habitat apresenta uma temperatura média anual entre 10 e 18°C, caracterizando-se por verões «frescos» e invernos relativamente frios, com mínimas de até -8°C. Entretanto, essa espécie pode ser plantada com êxito em locais mais quentes, desde que sejam satisfeitas suas exigências hídricas e edáficas. As chuvas, apresentam-se uniformemente distribuídas durante o ano ao sul, ou predominantemente no verão, ao norte. Em nenhuma destas áreas ocorre déficit hídrico, condição exigida pela espécie.

Os latosolos vermelhos de elevada fertilidade e profundidade são os mais adequados, ao passo que os latosolos arenosos e os litosolos são impróprios ao cultivo. Em terras de campo, onde predominam latosolos arenosos, os crescimentos podem ser considerados de medíocres a baixos.

Em seu trabalho sobre aspectos ecológicos dos plantios florestais na região Sul, VAN GOOR (1965) observa que o pinheiro brasileiro ocorre com maior frequência nos melhores solos. Isto não implica na sua ausência em solos pobres, mas que as plantações de Araucária nesses solos fracassam. Menciona, ainda, que as plantações dessa espécie mostram melhor crescimento nos solos anteriormente usados para fins agrícolas, seguindo-se nos solos originalmente cobertos por mata ou capoeira. Finalmente, os solos originalmente recobertos com vegetação do tipo cerrado ou campo são os que proporcionam menor crescimento à espécie. Considera, como afirmação da experiência prática, que a *Araucaria angustifolia* requer um solo bom e fértil para o seu desenvolvimento.

Em trabalho semelhante realizado no Estado de São Paulo, VAN GOOR (1966) afirma que o fator preponderante da fertilidade do solo que determina o crescimento do **Pinus elliottii** e da **A. angustifolia** é o teor de bases trocáveis, em particular, o teor de Ca + Mg. Para a Araucária considera como teor crítico, 1,5 e.mg por 100 g de solo e que o crescimento poderá ser melhorado pela adubação. Na sua opinião a adubação para aumentar o crescimento, feita apenas no ano de plantio e possivelmente no segundo ano, não é considerada uma medida de melhoramento permanente do solo, porém, métodos de adubação terão que ser antes desenvolvidos pela experimentação. A área dos locais com possibilidades restritas para o plantio da **A. angustifolia** totaliza mais ou menos 12% da superfície do Estado de São Paulo, onde o crescimento é limitado pela fertilidade e, portanto, poderá ser recuperado através da adubação.

Segundo LA BASTIDE e VAN GOOR (1970), a **A. angustifolia** exige cerca de duas vezes as quantidades de nutrientes necessários ao **P. elliottii**. Atribuem a isso os insucessos daquela espécie em solos pobres, onde esta última apresenta maior crescimento.

## **2.3. Nutrição**

### **2.3.1. Generalidades**

De acordo com JACOB e UEXKÜLL (1958), nutrientes de planta, no sentido amplo, podem ser considerados todos os materiais necessários ao crescimento das plantas e à produção de substâncias orgânicas. No sentido mais restrito, entretanto, são considerados somente aqueles nutrientes inorgânicos retirados do solo pelas plantas e que são necessários à formação de seus constituintes celulares. Apenas 18 elementos são indispensáveis para o crescimento das plantas como: carbono, oxigênio, hidrogênio, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, manganês, ferro, zinco, cobre, molibdênio, cobalto, sódio e cloro. Os três últimos são, freqüentemente, considerados desnecessários, porém as descobertas mais recentes parecem justificar a classificação deles como essenciais.

KRAMER e KOSLOWSKI (1960) consideram a nutrição mineral como um fator importante da fisiologia da árvore, porque o suprimento adequado de certos elementos minerais é essencial para o sucesso do crescimento. As plantas requerem oxigênio, água, dióxido de carbono, nitrogênio e cerca de uma dúzia de elementos minerais como reagente ou matéria-prima nos seus vários processos de síntese. Entre suas principais funções, os nutrientes minerais são constituintes dos tecidos da planta, catalisadores em várias reações, reguladores osmóticos, constituintes do sistema tampão e reguladores da permeabilidade da membrana.

### **2.3.2. Essencialidade dos elementos minerais**

Os autores mencionam ainda, que mais da metade dos elementos da tabela periódica foram encontrados nas plantas e, parece provável, que qualquer elemento ocorrendo no ambiente radicular seja absorvido. Pelo menos vinte e sete elementos foram identificados em amostras de madeira de **Pinus** sp. Quantidades ponderáveis de silício e sódio podem ocorrer nas plantas, mas não são tidos como essenciais. Um elemento é considerado essencial somente se a sua falta provocar sensível redução de crescimento, desenvolvimento anormal ou morte e se nenhum outro elemento pode substituí-lo.

### 2.3.3. Funções dos elementos minerais

JACOB e UEXKÜLL (1958) e KRAMER e KOSLOWSKI (1960) atribuem como principais funções e sintomas de carência dos elementos minerais nas plantas, os seguintes:

#### 2.3.3. Macronutrientes

**Nitrogênio (N)** - a vida não seria concebível sem nitrogênio. Em sua função principal aparece como constituinte dos aminoácidos que são os blocos formadores das proteínas. Além disso, esse elemento está presente em vários outros compostos que são de grande importância fisiológica no metabolismo, tais como, clorofila, os nucleotídeos, fosfatídeos, alcalóides e ainda em muitos enzimas, hormônios e vitaminas. Os compostos que contêm N perfazem 5 a 30% do peso seco das plantas. Deficiência de nitrogênio é acompanhada por queda na síntese de quantidades normais de clorofila resultando em clorose das folhas mais velhas.

Um fornecimento excessivo de N certamente induz a um desenvolvimento luxuriante dos órgãos vegetativos aéreos, mas o sistema radicular permanece demasiado pequeno e ineficiente. Consequentemente, as plantas tornam-se sensíveis às eventuais ocorrências de seca.

Como as plantas só podem utilizar o N no estado combinado sob a forma de ion nitrato ou de ion amônio, a quantidade incomensurável de nitrogênio da atmosfera (78%) não pode ser utilizada.

**Fósforo (P)** - o ácido fosfórico ocupa uma posição central no metabolismo. Desempenha uma função importante na transformação de energia e participa decisivamente no metabolismo de glucídios, sacarídios e proteínas. É, ainda, um elemento essencial constituinte de vários compostos vitalmente importantes, tais como as fitinas, lecitinas e nucleotídeos e, está presente na maioria dos enzimas conhecidos. Ocorre em ambas as formas, P orgânico e inorgânico e é rapidamente translocado na planta.

A maioria das plantas, sofrendo deficiência de fósforo, tem um sistema radicular pouco desenvolvido e mostra sinais de distúrbios gerais de crescimento. As folhas e caules de plantas deficientes em fosfato geralmente são pequenas e têm cor avermelhada, marrom ou bronzeada.

**Potássio (K)** - embora O potássio seja o elemento vital que a planta exige em maior quantidade, suas funções não são ainda completamente entendidas. Ele parece estar envolvido na atividade enzimática e, sua deficiência retarda a translocação dos carboidratos e o metabolismo do nitrogênio. O potássio é altamente móvel na planta e, no caso de deficiência, ele é translocado das folhas mais velhas para os tecidos meristemáticos novos. Pela manutenção do balanço entre anabolismo, respiração e transpiração, ele mantém em equilíbrio a economia de água da planta e reduz a tendência ao murchamento.

A deficiência de potássio geralmente é revelada por um amarelecimento das pontas e margem das folhas mais velhas, podendo evoluir para áreas necróticas. Os sintomas intensificam-se principalmente na estação seca.

**Cálcio (Ca)** - As funções do cálcio são também de natureza coloidal. Ocorre em consideráveis quantidades como pectato de cálcio na lamela média da parede celular e na planta como oxalato de cálcio. Os efeitos do Ca são antagonísticos aos do K provocando aumento na transpiração e retração na absorção de água. A presença de certa quantidade de cálcio é necessária para um desenvolvimento normal da raiz.

Acumula-se principalmente nas folhas mais velhas por ser pouco móvel na planta e, sua deficiência resulta em sérios prejuízos nas regiões meristemáticas como nas folhas ao redor do broto de crescimento e nas pontas das raízes. A clorose desenvolve-se na margem das folhas, porém, penetra gradualmente, nos tecidos saudáveis.

**Magnésio (Mg)** - a essencialidade do Mg como nutriente da planta é indicada pelo fato de ser um constituinte da clorofila, prótoclorofila, pectina e fitina. A maior parte do magnésio está dissolvida no citoplasma da célula e é facilmente móvel na planta.

Os sintomas de deficiência aparecem primeiro nas folhas velhas e posteriormente nas folhas novas à medida que a deficiência se intensifica. Os primeiros sinais são revelados em forma de manchas pelo desaparecimento da clorofila entre as nervuras da folha provocando clorose.

**Enxofre (S)** - esse elemento ocorre na planta como um componente estrutural da cistina, cisteína, metionina e outros aminoácidos. A deficiência de S causa clorose e queda na síntese de proteínas. Os sintomas assemelham-se aos de nitrogênio, ou seja, um amarelecimento uniforme das folhas e redução no crescimento vegetativo. O enxofre tem menor mobilidade na planta que N, F, K ou Mg.

#### **2.3.4. Sintomas gerais de deficiências**

O efeito geral mais importante das deficiências minerais é a redução do ritmo de crescimento das plantas, mas o efeito mais visível, geralmente, é o amarelecimento ou clorose das folhas causado pelo decréscimo da síntese da clorofila. A clorose está mais frequentemente associada à carência de N. Entretanto, é também, causada pela deficiência de Fe, Mn, Mg, K, etc., assim como por fatores ambientais desfavoráveis como excesso ou falta de água, temperatura inadequada, substâncias tóxicas e excesso de minerais. As folhas são os mais sensíveis indicadores de deficiências.

A localização dos sintomas de deficiência dos vários elementos parece estar mais diretamente relacionada com a mobilidade relativa dos elementos químicos, do que com suas funções específicas. Assim, por exemplo, os sintomas de deficiência de N, P, K e Mg aparecem nas folhas mais velhas ao passo que as mais novas apresentam-se normais, porque, esses elementos são prontamente translocados dos tecidos velhos para os novos. Em contraposição, os sintomas de deficiência de B e Ca aparecem nos brotos terminais e os de Fe, Mn e S, nas folhas mais novas porque, esses elementos não são facilmente translocados. Algumas vezes o ritmo de crescimento é reduzido antes mesmo do aparecimento de outros sintomas.

#### **2.4. Diagnóstico da deficiência mineral**

SWAN (1966 e 1967) ressalta que uma diagnose precisa das deficiências de nutrientes do solo é um requisito essencial para o uso científico e proveitoso de fertilizantes nas florestas. Se, entretanto, houver suspeita de deficiências minerais, elas podem ser diagnosticadas por: (a) análise de solo; (b) análise química foliar; (c) pelo estudo dos sintomas visuais e (d) pela condução de bioensaios.

##### **2.4.1. Análise de solo**

Como as árvores absorvem do solo, os sais minerais, KRAMER e KOSLOWSKI (1960) consideram parecer razoável supor-se que uma análise do conteúdo mineral do solo, seja boa indicadora da adequabilidade no suprimento mineral para o crescimento das árvores. Entretanto, tais análises têm demonstrado um valor limitado, por várias razões. Porém, as análises de solo dão indicações gerais da fertilidade de um solo tornando-se úteis quando combinadas com outras técnicas como a análise de tecidos de plantas e ensaios de fertilização.

#### **2.4.2. Análise foliar**

Outro método de se avaliar a fertilidade do solo e a adequabilidade do suprimento mineral ao crescimento das árvores, consiste, na opinião de KRAMER e KOSLOWSKI (1960, em se analisar as plantas existentes nele para verificar se as mesmas contêm quantidades suficientes de elementos essenciais. Para MAKI (1963), o padrão, com o qual tais análises são comparadas, deve ser o teor dos elementos minerais encontrado nas folhas de árvores apresentando bom crescimento. Entretanto, a concentração mineral das folhas é muito variável dependendo da espécie, do solo, das condições climáticas, da idade e posição das folhas. Segundo LA VENDER e CARMICHAEL (1966), a época de coleta de folhas também afeta os resultados obtidos para a composição mineral.

Estudos de nutrição mineral realizados em casa de vegetação, por SWAN (1960) e INGESTAD (1962) citados por SWAN (1967), demonstraram que, dentro de certos limites, há estreita correlação entre a concentração do elemento limitante na solução nutritiva, a sua concentração nas folhas e o crescimento das plantas. Resultados como esses aumentaram, na opinião daquele autor, a confiança na técnica da análise foliar a qual está sendo utilizada em muitas partes do mundo nos estudos de nutrição das árvores.

#### **2.4.3. Sintomas visuais**

Na opinião de BARROWS (1959), o método mais direto empregado na pesquisa nutricional de plantas, possivelmente, seja a observação do seu crescimento no campo. Uma deficiência se vera de qualquer elemento essencial, é, geralmente, acompanhada por sintomas que podem ser detectados visualmente.

Os sintomas visuais, segundo SWAN (1967), são, muitas vezes, indicadores valiosos do estado nutricional das plantas. Eles podem revelar, ao olho treinado, a natureza de uma deficiência aguda, mas são menos eficientes nos casos de deficiências leves. Por exemplo, no intervalo da chamada fome oculta (hidden hunger), na qual, o crescimento pode estar substancialmente reduzido, apesar da ausência de sinais reconhecíveis de carência. No entanto, o observador treinado poderá distinguir, pela cor e morfologia das folhas, uma árvore sadia e vigorosa de outra carente em nutrição. Dessa forma, os sintomas visuais podem ser úteis em fornecer a advertência prévia, embora deva-se reconhecer que a sintomatologia é uma técnica subjetiva e inexata.

#### **2.4.4. Bio-ensaios de solo**

SWAN (1966 e 1967), considera floresta uma biomassa complexa, para a qual nenhum método simples de diagnóstico produz resultados completamente reais sob todas as

condições. Nessas circunstâncias, parece surpreendente não se fazer maior uso do bio-ensaio, o qual é um método de determinação da fertilidade dos solos florestais relativamente simples e direto estando porém, muito negligenciado. Basicamente, a técnica consiste no cultivo de plântulas em amostras do solo a ser estudado e medirem-se as respostas obtidas, quando são adicionados os nutrientes simples ou em todas as combinações desejadas. O autor acredita que os bio-ensaios de solo têm uma importante participação a desempenhar na determinação do conteúdo de nutrientes e, conseqüentemente, da necessidade de fertilizante dos solos sobre os quais deverão ser estabelecidas as florestas artificiais.

#### **2.4.5. Culturas em areia**

No entender de MAKI (1963) as informações referentes às relações entre a composição da folhagem e o crescimento, podem ser obtidas também, por meio de culturas de mudas em vasos, às quais se fornecem diferentes quantidades de nutrientes.

De acordo com KRAMER e KOSLOWSKI (1960) o uso de culturas em areia representa um avanço sobre a técnica da cultura em água, porque, fornece suporte e melhor aeração às raízes das plantas. Estas podem crescer em recipientes providos de drenagem e contendo um meio quimicamente inerte e poroso como areia grossa, sílica ou vermiculite. A areia de quartzo puro seria o meio mais adequado para estudos de cultura em vaso com plantas florestais. Os sistemas radiculares em cultura de areia assemelham-se mais ao das árvores crescidas no solo, do que seriam se fossem cultivadas em solução.

Consideram que esse é, talvez, o método mais simples de cultivar plantas com completo controle do suprimento mineral.

#### **2.4.6. Experimentos de campo**

O teste final na solução de qualquer problema de nutrição mineral é, na opinião de BARROWS (1959), a resposta da árvore no campo, à aplicação de diferentes quantidades, proporções e posições dos elementos fertilizantes. Essa é a fase do trabalho na qual as condições de solo são consideradas e, na qual. As análises foliar e do solo desempenham papéis importantes.

### **2.5. Composição química das folhas**

Pelos resultados da análise química das folhas coletadas em várias plantações de pinheiro no sul do Brasil, VAN GOOR (1965) verificou que os nutrientes N, Ca e Fe estão relacionados positivamente com o crescimento das árvores, sendo que o Mn demonstrou uma influência negativa. Os nutrientes P, K, Mg, Cu, Zn e B não apresentam nenhuma relação com a classe de qualidade. Apenas o teor de Ca revelou um coeficiente de correlação positivo com a classe de qualidade. O nível limitante de Ca nas acículas pareceu ser 0,70%. A quantidade de Ca nas acículas está diretamente relacionada com a quantidade de Ca + Mg no solo. Os teores foliares de N, P e K não foram claramente relacionados com os nutrientes do solo.

Ressalta que o valor real dos níveis de nutrientes nas folhas só pode ser analisado através de experimentos de nutrição.

RICHARDS (1968) estudando a **Araucaria cunninghamii** por meio de ensaios de campo e culturas em vaso, determinou ser, o nitrogênio, o fator que mais limitou o seu crescimento em solo de floresta esclerófila seca no sudeste de Queensland.

Cultivando **Agathis australis**, em vaso, PETERSON (1962) verificou que a omissão de um elemento na solução resultou na redução do crescimento, além de uma concentração reduzida do elemento na matéria seca da planta. Verificou, também, que mudas colhidas de dez diferentes áreas florestais mostravam sintomas foliares de deficiências correspondentes àqueles encontrados nos estudos em vaso. Os resultados da análise da folhagem das plantas dessas áreas deram alta correlação com os resultados da análise das mudas em vaso.

JUNG e RIEHLE (1966) apontam os problemas que podem ser mais bem estudados através de ensaios de vaso como sendo: a) reações de diferentes espécies a diferentes tratamentos nutrientes, sob idênticas condições; b) correlações entre suprimento de nutriente, teor de nutriente e produção de matéria seca (incluindo o uso de análise foliar) e c) identificação dos sintomas de deficiência de nutriente.

Cultivando **Pinus radiata** em vaso, WILL (1961) observou que as quantidades de 100 ppm de N, 1 ppm de P, 10 ppm de K e 10 ppm de Mg na solução nutritiva, foram suficientes para manter bom crescimento das mudas. Pela análise química, concluiu que os teores foliares de 1.6% de N, 0.1% de P, 1.1% de K e 0.11 % de Mg indicaram suprimentos adequados de cada nutriente.

MALAVOLTA et al. (1964) estudaram a influência do nitrogênio, fósforo e potássio no crescimento e composição química do **Pinus elliottii** Engel. cultivados com solução nutritiva. em vasos contendo areia.

Com base nos resultados obtidos, ressaltam, dentre outros. os seguintes aspectos: 1) a técnica experimental usada para o cultivo do **Pinus elliottii** provou ser eficiente. É simples, barata e necessita pouca atenção pessoal; 2) os sintomas de deficiência de nitrogênio, fósforo e potássio aparecem primeiramente nas acículas velhas e são concordantes com as obtidas em outras espécies de **Pinus**. Essas informações poderão ser úteis para a identificação das deficiências em condições de campo; 3) a análise química dos diversos órgãos avalia o estado nutricional do Pinus e serve de confirmação ao diagnóstico visual. Os dados analíticos ajudarão na avaliação das doses de adubo a serem empregadas; 4) os resultados sugerem que o melhor tratamento no substrato consistiu em 100 ppm de N, 10 ppm de P e 50 ppm de K, mais os outros macro e micronutrientes nos níveis estabelecidos.

HACSKAYLO (1960) estudou os sintomas de deficiência em plantas florestais usando soluções nutritivas com omissão de nutrientes essenciais comparadas com solução completa e com água pura como testemunha. Relata que os sintomas generalizados de deficiência apareceram inicialmente nas séries -Fe e -N. Os sintomas de deficiência foliar nas folhas inferiores, surgiram nas séries -N, -F, -K, -Mg, -Cu, -Zn e -Mo. A omissão de N também afetou as folhas novas e as regiões terminais. Nas séries -Ca, -S -Mn e -B, os sintomas apareceram nas partes terminais superiores, associados a crescimento restrito e culminando em necrose nas partes apicais.

LIANI (1966) estudou a absorção do fosfato pelo **Eucalyptus trabutii**. As seguintes soluções nutritivas foram utilizadas: Testemunha {com água destilada}; Completa (solução completa de elementos minerais) ; -N {solução deficiente em nitrogênio}; -P (solução deficiente em fósforo) e -K (solução deficiente em potássio) .Utilizou-se aqui o método de radioisótopo.

O presente trabalho refere-se a um ensaio, em vaso contendo sílica, onde a; *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. foi cultivada com solução nutritiva e relata os efeitos da omissão de nutrientes minerais sobre o desenvolvimento das plantas. Compreende estudos de crescimento em altura, diâmetro, peso fresco e peso verde da parte aérea e do sistema radicular, assim como, sintomas de deficiência mineral, características das fibras e composição mineral da parte aérea e do sistema radicular das plantas.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Material

##### 3.1.1. Localização do experimento

O experimento foi instalado em local situado no viveiro florestal do Departamento de Silvicultura, da E. S. A. «Luiz de Queiroz», em Piracicaba -S.P. Localiza-se, de acordo com dados do I.B.G.E. (1957), a 22°42'30" de latitude sul e 47°38'00" de longitude oeste de Greenwich, em altitude de 540 m.

##### 3.1.2. Clima

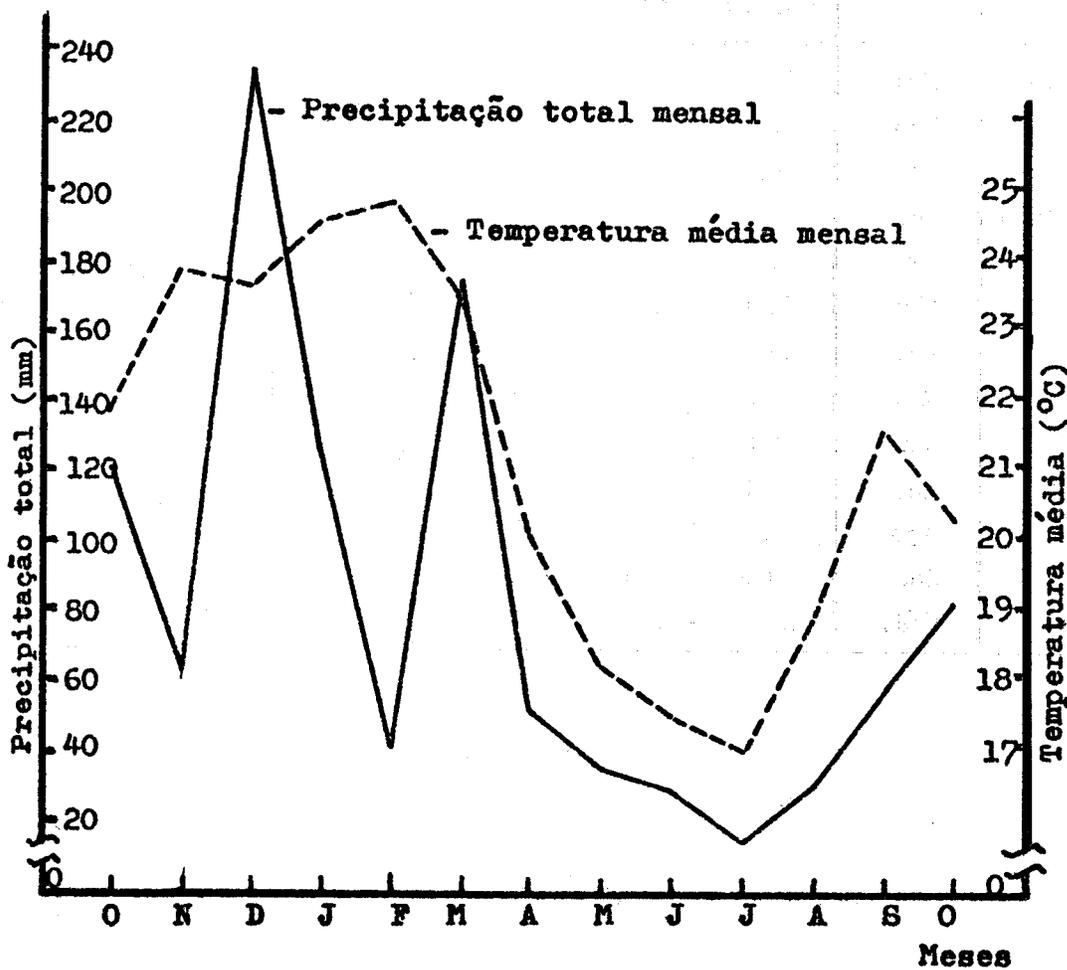
Pelos dados da carta climática do Estado de São Paulo, de GODOY e ORTOLANI (sem data) , o clima na região onde foi instalado o experimento, pertence ao tipo Cwa, com base no Sistema de Köppen. Trata-se de clima mesotérmico de inverno seco em que a temperatura média do mês mais frio é inferior a 18°C, e a do mês mais quente, superior a 22°C. O total de chuvas do mês mais seco não ultrapassa 30 mm. O índice pluviométrico desse tipo climático varia entre 1100 e 1700 mm. A estação seca ocorre entre os meses de abril e setembro, atingindo, em julho, sua máxima intensidade. O mês mais chuvoso varia entre dezembro, Janeiro e fevereiro.

Os dados meteorológicos locais referentes ao período de realização do experimento, segundo o DEPARTAMENTO DE FÍSICA E METEOROLOGIA da ESALQ (1971), são apresentados a seguir:

#### DADOS METEOROLÓGICOS NO LOCAL DO ENSAIO

Ano	Mês	Temperatura (°C)			Precipitação total (mm)	U.R. média (%)	Horas de Insolação
		Máxima	Mínima	Média			
1968	Out.	30,6	15,1	21,8	121	66	224,7
	Nov.	31,7	17,4	23,8	63	62	241,1
	Dez.	30,2	18,6	23,6	235	73	242,7
1969	Jan.	32,1	18,8	24,5	126	73	245,1
	Fev.	32,1	19,8	24,8	41	75	156,8
	Mar.	31,9	17,8	23,5	174	72	237,3
	Abr.	28,5	14,4	20,1	53	73	230,5
	Mai.	27,3	11,3	18,2	36	70	204,1
	Jun.	26,1	10,7	17,5	30	70	214,2
	Jul.	26,4	9,6	16,9	15	67	224,2
	Ago.	28,4	11,8	18,8	31	62	226,7
	Set.	30,6	14,5	21,5	59	61	155,1
	Out.	26,7	14,5	20,2	83	73	186,4

Figura 1 - Temperatura média e precipitação total, referentes ao período de realização do experimento.



### 3.1.3 Vasos

Foram utilizados vasos de barro, número 8, apresentando um diâmetro interno, na boca, de 24 cm e, no fundo, de 14 cm e, uma altura interna de 21 cm, resultando numa capacidade aproximada de 6 litros cada um.

O orifício de drenagem em cada vaso era localizado lateralmente ligando-se por mangueira a um garrafão de 5 litros, contendo a solução mineral nutritiva. Internamente, os vasos foram revestidos com neutrol, sendo os garrafões pintados, externamente, com tinta de alumínio.

Para cobrir os vasos foram usadas chapas de fibra de madeira divididas ao meio e contendo um orifício central para dar passagem à planta. A superfície superior foi pintada com tinta de alumínio.

### 3.1.4. Sílica

O material utilizado para enchimento dos vasos constituiu-se de sílica, proveniente de Poços de Caldas, MG, cujas características são apresentadas a seguir:

	% em peso
teor de argila.....	2,6
teor de limo.....	6,5
teor de areia muito fina.....	9,7
teor de areia fina.....	64,0
teor de areia média.....	10,7
teor de areia grossa.....	5,2
teor de areia total.....	90,9
água retida.....	3,1

Em cada vaso foram colocados cerca de 5 litros de sílica.

### 3.1.5. Espécie florestal utilizada

A espécie utilizada para a instalação do experimento foi **Araucaria angustifolia** (Bert.) C. Ktze. As sementes eram do tipo comercial e provenientes da região de Lages, no Estado de Santa Catarina. Foram selecionadas e classificadas quanto ao comprimento, destinando-se à semeadura um lote de sementes uniformes.

## 3.2. Métodos

### 3.2.1. Plano do experimento

O experimento foi instalado obedecendo a um delineamento de blocos ao acaso, com três repetições. Cada parcela era constituída de dois vasos ligados a um recipiente de solução nutritiva. Cada vaso continha uma planta.

Os tratamentos testados constituíram-se de diferentes soluções nutritivas, seguindo-se o sistema de omissão de um ou mais nutrientes essenciais, de tal forma que, os seguintes tratamentos foram considerados:

- 1 - Completo [solução nutritiva de HOAGLAND E ARNON (1950) contendo NPK Ca Mg Se micronutrientes].
- 2 - Omissão de nitrogênio (-N).
- 3 - Omissão de fósforo (-P) .
- 4 - Omissão de potássio (-K) .
- 5 - Omissão de cálcio (-Ca) .
- 6- Omissão de magnésio (-Mg).
- 7- Omissão à e enxofre (-S).
- 8 - Omissão de micronutrientes (-Micro.).
- 9 - Testemunha (só água destilada).

Obs.: a solução de micronutrientes continha Bo, Mn, Fe, Zn, Cu, Mo, Na e Cl. O ferro foi fornecido sob a forma de quelato. O pH inicial da solução completa era ao redor de 5,7 e, da água destilada, de 6,3.

### **3.2.2. Formação das mudas**

As sementes foram colocadas a germinar em areia lavada de rio, contida em caixas de madeira e dentro da casa de vegetação. Regras comuns foram efetuadas durante todo o período de germinação.

Dois meses após a semeadura, as mudas com altura média de 3 cm, foram selecionadas pelo seu estado geral e repicadas para os vasos, contendo sílica lavada com ácido.

Um mês mais tarde, os vasos com as plantas foram retirados da casa de vegetação e colocados a pleno sol, sobre suportes de madeira.

Nos vasos as regas passaram a ser feitas por inundação periódica, diariamente, de manhã e à tarde, com água destilada armazenada no garrafão. Cada um suprindo dois vasos, era elevado manualmente até a água aflorar à superfície da sílica e, novamente colocado em seu lugar. Com isso permitia drenagem da sílica, voltando a água ao recipiente.

Dez dias mais tarde passou-se ao fornecimento de solução nutritiva, através do mesmo sistema de irrigação. A solução era substituída a cada 20 dias, enquanto o seu nível era mantido, pela adição de água destilada, à medida do necessário.

### **3.2.3. Mensurações**

#### **3.2.3.1. Altura e Diâmetro**

A primeira medição de altura total das mudas foi feita 3 dias após o início do fornecimento da solução nutritiva, com a finalidade de obter uma indicação sobre o crescimento inicial.

Decorrido um ano após a semeadura, foi realizada a 2.<sup>a</sup> medição de altura. Nesta fase, a alimentação das plantas com solução nutritiva completava 8 meses e 20 dias, ocasião em que já eram nítidas as diferenças de crescimento nos diversos tratamentos. Procedeu-se. Então, à primeira descrição dos sintomas de deficiência mineral nas plantas.

A terceira e última medição de altura foi realizada, praticamente, um ano após o início do fornecimento da solução nutritiva. Também foram medidos os diâmetros à altura do colo das plantas. A seguir foram fotografadas e descritos os sintomas finais de deficiência mineral, ocasião em que foi considerada encerrada a fase de campo do experimento.

#### **3.2.3.2. Peso**

Imediatamente, as plantas foram cortadas à altura do colo, separando-se a parte aérea, do sistema radicular. Após completa limpeza da sílica entre as raízes, ambos foram pesados separadamente, obtendo assim o peso fresco correspondente a cada planta.

O material verde, após completa lavagem segundo JOHNSON e ULRICH (1959), foi etiquetado e colocado a secar em estufa com ventilação forçada, regulada para a temperatura de  $80 \pm 5^\circ\text{C}$ , até atingir peso constante.

### 3.2.3.3. Fibras

Após a determinação do peso fresco, um segmento lenhoso e inferior do caule com cerca de 1 cm de comprimento, de cada planta, foi destinado à determinação do comprimento, diâmetro e espessura de parede das fibras. De cada tratamento foram sorteados 4 segmentos e macerados em solução de uma parte de água oxigenada, a 100 volumes, 5 partes de ácido acético glacial e 4 partes de água destilada. De cada amostra foram montadas 10 lâminas. Em cada lâmina foram medidos 5 elementos, totalmente ao acaso.

### 3.2.3.4. Composição química

O material seco restante foi triturado e analisado para P, K, Ca, Mg, S, Mn, Fe, Zn, Cu, Mo em alíquotas provenientes de extratos nítrico-perclórico (PIPER, 1950). O N foi determinado pelo método micro-K jeldahl, modificado por MALAVOLTA (1955); o P por colorimetria com vanadomolibdato de amônio e o S por gravimetria, ambos 3segundo (LOTT et al., 1956); o B e Mo também por colorimetria com curcumina e tiocinato de sódio, respectivamente (JOHNSON e ULRICH, 1959), finalmente foram determinados pelo método de espectrometria de absorção atômica os seguintes elementos: K, Ca, Mg, Mn, Fe, Zn e Cu (SARRUGE, 1971).

Observação - foi omitida a apresentação dos resultados de micronutrientes.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Desenvolvimento em altura e diâmetro

Os dados referentes ao desenvolvimento em altura e diâmetro das plantas são apresentados nos quadros I a IV.

#### 4.1.1. Primeira medição de altura

**Quadro I** - Alturas médias de duas plantas por parcela (cm) - (Início do fornecimento da solução nutritiva).

Tratamento	Compl.	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S	-Micro	Test.
Blocos									
A	11,50	10,00	12,00	11,50	11,00	12,00	12,00	11,00	14,00
B	12,00	13,00	9,50	13,00	11,00	13,00	12,00	12,50	13,50
C	12,00	11,00	12,00	12,00	11,00	12,00	13,00	11,00	9,50
Média	11,83	11,33	11,17	12,17	11,00	12,33	12,33	11,50	12,33

#### 4.1.2. Segunda medição de altura

**Quadro II** - Alturas médias de duas plantas por parcela (cm) - (1 ano após a semeadura).

Tratamento	Compl.	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S	-Micro	Test.
Blocos									
A	35,25	21,00	23,00	34,75	35,50	31,25	38,25	38,75	23,50
B	38,50	26,50	21,50	32,75	39,75	42,00	32,25	40,00	20,00
C	44,75	29,00	23,75	34,00	29,75	31,50	48,50	40,75	14,25
Média	39,50	25,50	22,75	33,83	35,00	34,92	39,67	39,83	19,25

#### 4.1.3. Terceira e última medição de altura

**Quadro III** - Alturas finais médias de duas plantas por parcela (cm) - (1 ano após o início do fornecimento da solução nutritiva).

Tratamento	Compl.	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S	-Micro	Test.
Blocos									
A	37,25	21,25	23,25	35,00	36,00	31,50	42,75	39,00	24,00
B	42,75	27,00	21,75	33,25	40,50	44,25	36,50	42,00	20,50
C	46,75	29,50	23,75	34,25	30,00	32,00	53,00	42,00	15,50
Média	42,25	25,92	22,92	34,17	35,50	35,92	44,08	41,00	20,00

#### 4.1.4. Medição de diâmetro

**Quadro IV** - Diâmetros médios de duas plantas por parcela (cm) - (1 ano após o início do fornecimento de solução nutritiva).

Tratamento	Compl.	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S	-Micro	Test.
Blocos									
A	1,45	0,65	0,85	1,50	1,35	1,25	1,45	1,25	0,80
B	1,45	0,70	0,80	1,25	1,45	1,30	1,40	1,45	1,25
C	1,75	0,95	0,80	1,40	1,20	1,15	1,55	1,40	1,10
Média	1,55	0,77	0,82	1,38	1,33	1,23	1,47	1,37	1,05

#### 4.2. Peso da parte aérea

##### 4.2.1. Peso fresco

**Quadro V** - Peso fresco médio da parte aérea de duas plantas por parcela (g).

Tratamento	Compl.	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S	-Micro	Test.
Blocos									
A	222,75	8,50	15,25	169,25	128,15	115,60	177,90	144,35	13,95
B	275,70	13,65	18,50	103,00	152,45	158,90	214,95	175,60	12,10
C	340,50	31,95	18,10	163,50	114,50	118,40	268,20	227,60	6,50
Média	279,65	18,03	17,28	145,50	131,70	131,00	220,35	182,52	10,85

##### 4.2.2. Peso seco

### Quadro VI - Peso seco médio da parte aérea de duas plantas por parcela (g)

Tratamento	Compl.	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S	-Micro	Test.
A	68,25	3,25	6,45	56,80	39,80	35,80	54,50	45,10	5,30
B	88,30	4,75	6,85	35,00	39,15	51,45	64,95	55,05	4,75
C	115,20	10,00	7,55	54,90	36,45	37,50	83,15	69,60	2,30
Média	90,58	6,00	6,95	48,90	38,47	41,58	67,53	56,58	4,12

## 4.3. Sistema radicular

### 4.3.1. Peso fresco

### Quadro VII - Peso fresco médio do sistema radicular de duas plantas por parcela (g).

Tratamento	Compl.	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S	-Micro	Test.
A	79,30	7,60	11,55	109,10	82,00	45,10	72,85	62,50	15,05
B	137,70	11,35	14,35	60,50	110,00	65,75	102,55	73,15	11,20
C	168,00	29,45	13,65	80,10	72,30	38,95	110,00	88,25	8,10
Média	128,33	16,13	13,18	83,23	88,10	49,93	95,13	74,63	11,45

### 4.3.2. Peso seco

### Quadro VIII - Peso seco médio do sistema radicular de duas plantas por parcela (g).

Tratamento	Compl.	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S	-Micro	Test.
A	27,55	3,55	4,30	31,95	26,55	14,15	25,20	21,80	5,75
B	45,70	3,60	5,35	19,15	33,90	19,95	28,90	24,85	4,45
C	58,05	10,65	5,20	24,45	27,65	12,25	37,95	28,90	3,05
Média	43,77	5,93	4,95	25,18	29,37	15,45	30,68	25,18	4,42

## 4.4. Sintomas de deficiência mineral

### 4.4.1. Solução nutritiva completa

Apresentando bom desenvolvimento, aspecto geral vigoroso e sadio, as plantas nutridas com solução completa mostravam, ainda, ramificação abundante e folhas de cor verde típico, sendo mais escuras na base dos ramos e claras nos brotos terminais. As folhas mais velhas do caule e dos ramos laterais mostravam verde escuro com pontas pardas iniciadas por um amarelecimento e terminando com murchamento nos estágios mais avançados. O restante das folhas não mostrava qualquer sinal de anormalidade.

### 4.4.2. Sem nitrogênio

As plantas deficientes em nitrogênio apresentaram-se pouco desenvolvidas e mostrando clorose acentuada e generalizada. O amarelecimento iniciou-se pelas folhas mais velhas; tanto do caule como dos ramos laterais. Reduziu o crescimento vegetativo, enquanto os ponteiros permaneciam levemente mais verdes, em contraste com a clorose restante. Com o progresso da deficiência iniciou, também pelas folhas mais velhas, um crestamento a partir do ápice, progredindo para a base do limbo e atingindo a bainha, dando aspecto de folhas, um crestamento a partir do ápice, eram curtos, com ramos pequenos, fracos e sem ramificação secundária.

#### **4.4.3. Sem fósforo**

A deficiência de fósforo revelou-se nas plantas por um aspecto geral de desequilíbrio nutricional resultando em drástica redução no crescimento quando comparadas com as plantas nutridas com solução completa. As folhas novas, apesar de pouco desenvolvidas, persistiam com verde normal. A clorose iniciou-se, também pelas folhas mais velhas, partindo do ápice para a base, e sobrevivendo, como no caso anterior, uma coloração parda, porém, mais escura e culminando com a morte e secamento dos ramos laterais, enquanto, o caule continuava vivo. Houve impedimento na formação de ramos secundários, assim como, pequeno desenvolvimento da gema terminal e surgindo indícios de brotação lateral à altura do colo.

#### **4.4.4. Sem potássio**

O aspecto geral das plantas deficientes em potássio foi pouco diferente do normal. As partes terminais mostravam bom vigor e coloração verde normal. O desenvolvimento em altura foi reduzido, resultando internódios curtos. Os ramos laterais superiores eram inseridos em ângulos agudos, enquanto os inferiores, em ângulos obtusos em relação à o eixo da planta, eram longos e com ramificação secundária pouco freqüente.

As folhas mais velhas, além de menores, mostravam amarelecimento nas extremidades chegando à cor parda, no ápice. Na base do caule apareceram folhas inteiramente pardas, porém, esparsas.

#### **4.4.5. Sem Cálcio**

As plantas nutridas com deficiência em cálcio apresentaram aspecto quase normal, com leve amarelecimento geral, acentuando-se, contudo, no terço superior dos ramos. O início do aparecimento dos sintomas foi, relativamente, tardio ao mesmo tempo em que o ponteiro mostrava crescimento retardado. A altura geral da planta era determinada pelos ramos laterais pois, formavam ângulos bem agudos. A ramificação e o comprimento dos internódios eram normais. As folhas mais velhas, da base do caule, mostravam manchas de cor parda em pontos variados, ora no ápice ora no centro. ora até a metade ou, ainda, inteiramente parda.

#### **4.4.6. Sem Magnésio**

Os sintomas de deficiência de magnésio surgiram, tardiamente, em plantas bem desenvolvidas. A anormalidade iniciou-se nos ramos laterais mais velhos, através de uma

coloração parda das folhas, progredindo de baixo para cima na planta. Nas folhas, esse crestamento iniciava-se no ápice caminhando de modo contínuo em direção à base. Nos ramos laterais, caminhava da base para a extremidade. chegando a morrer inteiramente, enquanto, a gema terminal de crescimento em altura vegetava vigorosamente, resultando internódios de comprimento normal.

#### 4.4.7. Sem Enxofre

Aspecto normal na coloração e na ramificação. Não houve, praticamente, sintoma representativo que distinguísse as plantas deficientes, em enxofre, daquelas que receberam nutrição completa, a não ser um leve amarelecimento nas folhas terminais.

#### 4.4.8. Sem Micronutrientes

O aspecto geral das plantas alimentadas com solução sem micronutrientes mostrava nítidas diferenças daquelas que receberam solução completa. Mostrava bom vigor nos ponteiros com coloração e internódios normais. Houve alongamento exagerado dos ramos laterais que, inseridos em ângulos bem abertos, pendiam o terço terminal apesar da ausência total da ramificação secundária.

Folhas pardas surgiram com frequência semelhante aos casos do tratamento completo.

#### 4.4.9. Testemunha

As plantas que receberam apenas água destilada, durante mais de um ano, apresentavam aspecto geral deficiente, crescimento muito reduzido e ramos laterais escassos. Mostravam-se, entretanto, mesmo cloróticas e com maior equilíbrio de desenvolvimento que aquelas com deficiência de N ou de P, chegando mesmo à equiparação em crescimento. Era pouco intensa a ocorrência de folhas de coloração parda.

### 4.5. Fibras

Os dados de mensuração de comprimento, diâmetro e espessura de parede de fibras são apresentados nos quadros IX a XI.

#### 4.5.1. Comprimento

**Quadro IX** - Comprimento médio de 50 fibras por planta (mm).

Tratamento	Compl.	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S	-Micro	Test.
Repetições									
A	1,30	1,15	1,09	1,52	1,70	1,38	1,41	1,49	1,27
B	1,56	1,21	1,25	1,45	1,52	1,28	1,22	1,30	1,24
C	1,57	1,36	1,03	1,87	1,22	1,25	1,70	1,66	1,25
D	1,50	1,38	1,45	1,26	1,32	1,50	1,91	1,46	1,28
Média	1,48	1,27	1,20	1,52	1,44	1,35	1,56	1,48	1,26

#### 4.5.2. Diâmetro

### Quadro X - Diâmetro médio de 50 fibras por plana (u - micro)

Tratamento	Compl.	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S	-Micro	Test.
Repetições									
A	24,20	24,70	24,05	24,30	23,25	24,20	23,95	23,30	24,10
B	26,15	24,45	24,30	22,15	25,45	24,00	22,90	22,55	22,00
C	27,05	22,45	24,00	23,70	26,40	24,10	23,80	23,75	23,25
D	27,20	23,40	24,50	26,80	24,35	23,00	26,22	25,65	23,60
Média	26,15	23,75	24,21	24,21	24,86	23,80	24,22	23,81	23,24

### 4.5.3. Espessura de parede

### Quadro XI - Espessura de parede média de 50 fibras por planta (u - micro)

Tratamento	Compl.	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S	-Micro	Test.
Repetições									
A	5,27	4,40	5,55	4,37	5,87	5,15	5,40	5,32	4,27
B	5,72	4,27	4,95	3,85	5,22	4,77	5,60	4,45	3,45
C	5,52	4,70	5,37	5,35	5,65	4,67	5,20	4,55	4,65
D	5,32	3,55	5,62	4,90	4,90	4,70	5,22	4,87	3,40
Média	5,46	4,23	5,37	4,62	5,41	4,82	5,35	4,80	3,94

### 4.6. Composição química

#### 4.6.1. Macronutrientes

Os dados de composição química das plantas relativo ao macronutrientes são apresentados a seguir:

### Quadro XII - Teores de macronutrientes na parte aérea e no sistema radicular das plantas. Médias de três repetições (% em relação a peso seco).

Elemento	Parte	N	P	K	Ca	Mg	S
Tratam.							
Completo	a	0,82	0,23	0,72	0,76	0,21	0,06
	b	0,63	0,18	0,41	0,33	0,12	0,07
-N	a	0,66	0,30	1,18	0,85	0,27	0,13
	b	0,48	0,30	0,52	0,29	0,11	0,07
-P	a	0,88	0,10	0,92	0,87	0,23	0,06
	b	0,60	0,11	0,47	0,33	0,10	0,04
-K	a	0,90	0,27	0,23	1,35	0,35	0,11
	b	0,76	0,22	0,19	0,29	0,15	0,07
-Ca	a	0,65	0,22	0,99	0,32	0,41	0,07
	b	0,48	0,19	0,43	0,21	0,13	0,08
-Mg	a	1,20	0,31	1,19	0,94	0,06	0,03
	b	0,71	0,34	0,53	0,39	0,04	0,04
-S	a	0,97	0,26	0,85	0,69	0,16	0,04
	b	0,68	0,18	0,45	0,31	0,10	0,03
-Micro.	a	0,87	0,25	0,85	0,78	0,19	0,07
	b	0,72	0,16	0,38	0,31	0,10	0,05
Test.	a	0,55	0,12	0,71	0,81	0,15	0,03
	b	0,75	0,14	0,42	0,28	0,07	0,02

a = parte aérea

g = sistema radicular

#### 4.6.2. Micronutrientes

Os dados e respectivas análises referentes aos micronutrientes por não constarem diretamente dos objetivos do ensaio, não são apresentados neste trabalho.

### 5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

#### 5.1. Desenvolvimento em altura e diâmetro

A análise da variância, através do teste F, de acordo com GOMES (1963), dos dados apresentados no quadro I, revelou o grau de uniformidade, em altura, das plantas na fase inicial do ensaio, ou seja, por ocasião do início do fornecimento da solução nutritiva aos diferentes tratamentos. Era de  $11,7824 \pm 0,23$  cm a altura média das plantas nessa fase cujo coeficiente de variação foi de 10,19%.

A suficiência da amostragem foi analisada e os resultados mostraram que o quadrado médio do resíduo «b» era 63,07% do quadrado médio do resíduo «a». Isso significa que a variação entre plantas foi menor que entre tratamentos e, conseqüentemente, o número de repetições é suficiente.

O quadro II apresenta as alturas totais médias das plantas, quando era decorrido um ano desde a semeadura. Corresponhia, essa fase, a 8 meses e 20 dias após o início de fornecimento da solução nutritiva. O teste F foi significativo ao nível de 1% de probabilidade para tratamentos e a 5% para blocos, com um coeficiente de variação de 12,90%. Estabelecidos os contrastes entre as médias, através do teste de Tukey, pode-se inferir que a omissão do nitrogênio e, principalmente, a omissão do fósforo foram as que mais transtorno trouxeram ao desenvolvimento das plantas. Assim as plantas do tratamento -p foram menores, diferindo do nível de 1% de probabilidade daquelas pertencentes aos tratamentos -Micronutrientes, -5 e Completo e, ao nível de 5% de -Ca e -Mg. Não diferiram de -K, -N nem de Testemunha. No tratamento com omissão de N as alturas das plantas diferiram ao nível de 5% de probabilidade de -Micro., -5 e Completo. Não diferiram significativamente de -Ca, -Mg, -K, -F e Test.

As plantas da testemunha, tratadas somente com água destilada, foram as que apresentaram o menor desenvolvimento, com diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade em relação aos tratamentos -Micro, -S, Compl., -Ca e -Mg e, ao nível de 5 % em relação a -K, mas, não diferindo, significativamente, de -N e -F. Isso mostra que a omissão de N ou de F trouxe um forte desequilíbrio nutricional para os pinheiros. Inibiu o crescimento, constituindo-se no problema mais sério para as plantas. Não houve diferença significativa para os demais contrastes entre as médias de altura.

Resultados semelhantes foram constatados por MANADE (1962), onde a omissão de N ou de F provocou severa restrição ao crescimento de **Acacia dealbata**, enquanto que, a omissão de K afetou muito pouco o crescimento da planta. O mesmo ocorreu com **Pinus elliottii**, em outro ensaio do mesmo autor. Em experimento de adubação fundamental de **Eucalyptus saligna**, MELLO et al. (1970) obtiveram reação positiva à aplicação de F, em primeiro lugar, e a de N, em segundo, sobre o desenvolvimento das plantas, não respondendo, entretanto, ao K. LIEKENS (1962) cultivando **Populus spp.** em vaso, verificou que no segundo ano de tratamento com omissão de P, as plantas morreram.

Na nutrição do pinheiro, o potássio surgiu como o terceiro elemento na ordem de importância.

Os dados de alturas totais médias da terceira e última medição, cerca de um ano após o início dos tratamentos com solução nutritiva, são apresentados no quadro III, cuja análise da variância resultou em teste F também altamente significativo e um coeficiente de variação de 14,76%.

Como, com essa tomada de dados de alturas das plantas, foi considerada encerrada a fase de campo do experimento, procedeu-se a nova análise da amostragem obtendo-se agora  $QM(b) = 26,95\% QM(a)$ , o que confirma a suficiência do número de repetições.

Pela aplicação do teste de Tukey aos contrastes de altura final, constata-se, confirmando os dados anteriores, que os tratamentos inferiores são, pela ordem decrescente de alturas, o -N, -P e Test. A omissão de N diferiu, ao nível de 1% de probabilidade, de -S e Compl. e a 5% de -Micro., não diferindo dos demais tratamentos. A omissão de P foi mais drástica, diferindo ao nível de 1% de -S, Compl. e -Micro. não diferindo, tampouco, dos demais tratamentos. A Testemunha comportou-se da mesma forma, exceto para -Mg e -Ca dos quais, diferiu ao nível de 5%. As plantas após receberem solução nutritiva durante um ano, apresentavam as seguintes alturas médias, em ordem decrescente: -S = 44,08 cm; Comp. = 4,2,25 cm; -Micro. = 41,00 cm; -Mg = 35,92 cm; -Ca = 35,50 cm; -K = 34,17 cm; -N = 25,92 cm; -P = 22,92 cm e Test. = 20,00cm.

Comparando-se essas alturas com as anteriores, foram observados, em um período de 98 dias, entre julho e outubro os seguintes acréscimos: -S = 4,41 cm; Compl. = 2,75 cm; -Micro. = 1,17 cm; -Mg = 1,00 cm; -Ca = 0,50 cm; -K = 0,34 cm; -N = 0,42 cm; -P = 0,17 cm e Test. = 0,75 cm. Dessa forma, notam-se que o tratamento com omissão de enxofre e o Completo continuavam crescendo a um ritmo relativamente grande, enquanto, os demais reduziram drasticamente o seu ritmo. Com exceção do -Micro e -Mg que, nessa fase, já mostrava ramos inferiores mortos, nos demais tratamentos, as plantas tenderam a crescer menos que a própria testemunha, sendo -P e -K os de menor acréscimo em altura. As plantas sem fósforo mostravam aspectos de involução e algumas com início de morte. Em plantações com 25 anos de idade, VAN GOOR (1965) encontrou relação positiva entre o crescimento e N total,  $P_2O_5$  total, quantidades de K, Ca + Mg trocáveis, S e a saturação do AI no complexo de absorção. Houve pouca evidência da influência do K no crescimento. Para certas unidades de solo, o principal fator determinante do crescimento foi a quantidade do Ca + Mg trocáveis.

No tratamento sem micronutrientes, apesar de não se ter usado técnica mais aprimorada de purificação da solução, a gema terminal, praticamente, estagnou seu desenvolvimento. Fato semelhante foi constatado por LANUZA (1970), no cultivo de **Pinus radiata** em solução, com doses decrescentes de Boro, onde o crescimento foi reduzido nas concentrações abaixo de 0,05 ppm desse elemento.

Os dados de crescimento em diâmetro medido no colo das plantas, com um ano, são apresentados no quadro IV. O teste F revelou, também, significância ao nível de 1% de probabilidade e um coeficiente de variação de 11,47%. O exame desse quadro permite verificar que, à semelhança do ocorrido com a altura, também para diâmetro, os piores tratamentos foram -N e -P. Ambos chegaram a ser menores que a testemunha. embora a diferença não seja significativa. Foram inferiores a todos os outros tratamentos, com diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade com exceção do contraste com -P e -Mg, que foi de 5% .

O tratamento com média mais alta foi o Completo, do qual a testemunha diferiu ao nível de 1% vindo em seguida o tratamento -S, maior que a testemunha, a 5% de probabilidade. Não houve significância nos demais contrastes entre as médias de diâmetro. Depois do N e P, os elementos Mg e Ca aparecem como de maior importância sobre o crescimento em diâmetro. ou seja. Cujas ausências provocaram menores acréscimos no diâmetro.

Os diâmetros médios encontrados foram:

Compl. = 1.55 cm; -S = 1.47 cm; -K = 1,38 cm; Micro. = 1,37 cm; -Ca = 1,33 cm; -Mg = 1.23 cm; Test. = 1,05 cm; -P = 0,82 cm e -N = 0,77 cm.

WELLS (1970) observou grande efeito da adubação nitrogenada em **Pinus taeda**, na Carolina do Sul, onde o acréscimo no diâmetro foi de 35%, enquanto, o na altura foi de 25%.

Dados de peso fresco médio da parte aérea das plantas com um ano, a partir do início do fornecimento da solução nutritiva, podem ser observados no quadro V. O Teste F aplicado aos dados foi significativo ao nível de 1% de probabilidade e o coeficiente de variação foi de 24.04%. Pelo quadro V pode-se verificar a grande superioridade do tratamento Completo que com peso médio de 279,65 g, só não difere de -S, com 220,35 g. Difere a 5% de -Micro. com 182.52 g e a 1% dos demais tratamentos cujos pesos em ordem decrescentes são: -K = 145.50 g; -Ca = 131,70 g; -Mg = 131,00 g; -N = 18,03 g; -p = 17 ,28 g e Testemunha = 10,85 g. Novamente os tratamentos mais fracos são a omissão de N e de P que não diferem da testemunha e, juntamente com esta, as diferenças são altamente significativas em relação aos demais tratamentos. A omissão de N foi, ainda, superior à omissão de Ca e de Mg, com significância de 5 %. Não houve diferenças significativas nos demais contrastes.

Da mesma forma, os dados de peso seco médio correspondente à parte aérea são apresentados no quadro VI, cuja análise estatística revelou, pelo teste F; diferenças significativas ao nível de 1% para os tratamentos e um coeficiente de variação de 25,87%. Os pesos médios obtidos para os vários tratamentos, em ordem decrescente, foram: Completo = 90,58 g; -8 = 67,53g; -Micro. = 56,58 g; -K = 48,90 g; -Mg = 41,58 g; -Ca = 38,47 g; -P = 6,95 g; -N = 6,00 g e Testemunha = 4,12 g. O teste de Tukey aplicado a essas médias confirma, praticamente, todas as significâncias observadas para o peso verde. O tratamento Completo só não foi significativamente superior ao -8. A Testemunha juntamente com -N e -P foram os tratamentos mais fracos. HAC8KAYLO (1960) constatou, para **Pinus sylvestris** em vaso, maior reação também a -N, -P e Deficiência total. Em **Pinus elliottii**. MALAVOLTA et al. (1964) obtiveram maior efeito do N sobre o crescimento.

Para o sistema radicular das plantas, também com um ano, os dados de peso verde médio são apresentados no quadro VII. A análise da variância respectiva, acusou F altamente significativo e um coeficiente de variação também muito alto, de 33, 18% devido, em parte, ao teor variável de água aderida às raízes. As médias obtidas para os tratamentos, em ordem decrescente, foram: Completo = 128,33 g; -S = 95,15 g; -Ca = 88,10 g; -K = 83,23 g; -Micro. = 74,63 g; -Mg = 49,93 g; -N = 16.13 g; -p = 13,18 g e Testemunha = 11.45 g. As significâncias dos contrastes mostraram que o tratamento que resultou maior crescimento do sistema radicular foi o Completo. Este diferiu, ao nível de 1% , dos quatro piores, não diferentes entre si, que foram: -Mg, -N, -P e Testemunha.

O peso seco do sistema radicular, cujos dados aparecem no quadro VIII, vem confirmar grande parte dos resultados anteriores. Da mesma forma o teste F acusou

significância ao nível de 1% de probabilidade para tratamentos e um coeficiente de variação de 30,82%. Através desse quadro observa-se que o melhor tratamento foi, igualmente, o Completo, pesando 43,77 g, não diferindo assim de -8 com 30,68 g, nem de -Ca com 29,37 g. Diferiu com 5% de probabilidade dos tratamentos -K com 25,18 g e de -Micro. com 25,18 g e diferindo a 1%, de -Mg com 15,45 g; de -N com 5,93 g; de -p com 4,95 g e finalmente da Testemunha que pesou 4,42 g. Estes três últimos tratamentos foram inferiores a -8 e -Ca, com diferenças significativas ao nível de 1%, e de -K e -Micro., ao nível de 5% de probabilidade. Os demais contrastes não diferiram significativamente entre si. Há a destacar, nesse quadro, a forte influência do Mg, cuja omissão reduziu drasticamente o desenvolvimento radicular, o qual foi não diferente da testemunha, assim como, de -N e -P.

Em um ensaio em vaso, cultivando **Populus** spp, foi verificado, por LIEKENS (1962), que o desenvolvimento radicular foi maior nas aplicações equilibradas de nutrientes e na -Mg e, o menor, no -P.

Quanto ao aspecto geral das plantas foi possível observar no tratamento com solução completa, um crescimento forte e vigoroso, à semelhança das plantas cultivadas em solo bom, comprovado, assim, para a Araucária, a eficiência da técnica utilizada para a sua cultura. Demonstra, ainda, que a espécie independe de sombreamento ou qualquer forma de proteção na primeira fase de seu desenvolvimento, comportando-se perfeitamente bem à plena luz desde a germinação. Comportamento semelhante tem sido observado, também, nas plantas em viveiro por vários anos.

As plantas deficientes em Nitrogênio foram seriamente afetadas no seu desenvolvimento geral. Comparam-se às mais definidas e mostram aspecto geral semelhante à testemunha, completamente desnutrida. Uma forte clorose, iniciada pelas partes inferiores da planta, evoluiu recobrimdo-a completamente e estagnando o crescimento. Fato, como esse, foi observado por HACSKAYLO (1960), em várias espécies florestais, onde o tratamento com omissão de nitrogênio foi um dos primeiros a mostrar sintomas de deficiência a partir das folhas inferiores chegando a afetar, também, as folhas novas e as regiões terminais das plantas. Da mesma forma HAAG et al. (1961) obtiveram, no tratamento sem N, com **Eucalyptus alba**, plantas pequenas, folhas miúdas e clorose generalizada.

Como no caso anterior, a omissão de Fósforo causou sério desequilíbrio nutricional das plantas. Além da estagnação do crescimento, provocou, logo cedo, um crestamento ascendente das folhas, passando ao estado de involução indicando que culminaria com a morte dentro de pouco tempo. Sintomas, aparentemente do mesmo tipo, têm sido observados em plantações novas do pinheiro, em solos de campo, e que têm resultado em baixa sobrevivência, além de crescimento muito lento. Não são, entretanto, efeitos isolados e, possivelmente, não possam ser corrigidos pela simples adição de fertilizantes fosfatados ao solo, pois, no geral, estes apresentam carência generalizada em nutrientes minerais, além de alta acidez e disponibilidade de alumínio. Grande é a preocupação, atualmente, com tais problemas que, em certos casos, limitam as possibilidades econômicas da cultura da araucária.

Entre os vários elementos essenciais às plantas de pinheiro, o nitrogênio e o fósforo surgiram como os de maior exigência pela espécie, uma vez que, relativamente aos demais, a omissão de qualquer dos dois restringiu seriamente o desenvolvimento.

Isso leva a crer que esses elementos devam ser prioritários nos estudos de fertilização das plantações do pinheiro do Paraná. A importância de tal determinação pode

ser reforçada pela conclusão HACSKAYLO (1960), que, em trabalhos semelhantes, obteve maior reação à omissão de N, P e omissão total (Testemunha) para **Pinus sylvestris** do que para **Pinus strobus**. Resultados como esses, aliados aos obtidos por MELLO et al. (1960) e por HAAG et al. (1961 e 1963), confirmam a variabilidade de exigências em função da espécie e, portanto, cada caso deveria ser estudado especificamente.

Bem menos restritiva ao desenvolvimento das plantas mostrou-se a omissão do potássio, não deixando, porém, de ter sua importância. Em termos de crescimento em altura, o K evidenciou-se como o terceiro elemento na ordem decrescente de importância para a espécie. O tratamento, reduziu a altura das plantas e o vigor dos ramos laterais e da ramificação secundária. Trabalhando com eucalipto, WILL (1963) constatou maior intensidade de ramificação nas plantas com baixo nível de K, enquanto, em seu trabalho, HAAG et al. (1961) não obtiveram sintomas de deficiência.

O tratamento sem Cálcio reduziu o crescimento das plantas, chegando a ser altamente significativa a diferença entre o peso seco da parte aérea destas e o daquelas no tratamento Completo. O principal sintoma aparente de deficiência, traduzido por leve clorose geral, surgiu tardia e mais acentuadamente na parte superior das plantas. Esses resultados não poderiam ser atribuídos à ação unilateral da carência de cálcio, mas, provavelmente, a uma interação com o baixo nível de nitrogênio apresentado, nesse tratamento, pela solução de HOAGLAND e ARMOUR (1950), onde pela retirada do nitrato de cálcio, traz a um terço o teor daquele elemento na solução. Em tratamento semelhante, HAAG et al. (1961) relatam, para **Eucalyptus alba**, entre outros sintomas, a redução no crescimento e leve clorose geral nas plantas. Em outras espécies florestais, HACSKAYLO (1960) constatou sintomas de deficiência de Ca nas partes terminais das plantas. Em **Pinus taeda**, SUCOFF (1961) observou exudação de resina e posterior morte dos brotos.

Sinais de deficiência de Magnésio apareceram, também, tardiamente, enquanto, as plantas apresentavam bom crescimento. A evolução do crescimento foliar observado foi ascendente nas plantas, sendo que, ao final de um ano de nutrição carente em magnésio, os ramos mais velhos já entravam em involução começando, mesmo, a morrer parcialmente, em algumas plantas. O peso das plantas foi significativamente inferior ao daquelas sem carência. A posição dos sintomas é confirmada pelos dois últimos autores acima citados.

A omissão que menor repercussão causou à Araucária, foi a de Enxofre. A altura, diâmetro e peso das plantas não diferiram significativamente do tratamento completo. Aparentemente uma leve clorose ocorreu nas partes terminais das plantas vindo, novamente, coincidir com o observado pelos autores mencionados.

A carência no fornecimento de Micronutrientes às plantas provocou alterações no desenvolvimento. Os sintomas mais visíveis constituíram-se de alongamento excessivo dos ramos laterais e inibição completa da ramificação secundária. Embora, com relação à altura e diâmetro, as plantas tenham se comportado como no tratamento completo o peso delas, foi significativamente inferior ao desse tratamento ao nível de 5% de probabilidade.

O agrupamento dos micronutrientes não permitiu isolar os respectivos sintomas de deficiência. Ocorre que tal isolamento não constava dos objetivos do presente trabalho, mas, simplesmente, o de verificar se a carência dos micronutrientes provocaria reação ao comportamento das plantas. Em função dos resultados pode-se inferir pela conveniência de estudos mais acurados com relação a tais elementos, recomendando-se o isolamento dos respectivos efeitos.

HACSKAYLO (1910) menciona que a omissão de molibdênio, manganês e cobre não afetou a altura, o diâmetro ou o peso das plantas, exceto para o **Pinus strobus**, cuja altura, na série -Cu foi significativamente maior que a «testemunha completa».

As plantas testemunhas, tratadas apenas com água destilada, apesar da completa carência nutritiva, sobreviveram por mais de um ano e aparentavam-se mais equilibradas, no seu aspecto geral, que os tratamentos sem N ou sem P. Além do sentido comparativo, essas plantas serviram, ainda, para demonstrar a resistência da espécie às condições adversas de nutrição mineral, vivendo durante esse período, quase que exclusivamente, às custas das reservas de suas próprias sementes.

A mensuração de 1.800 fibras extraídas do material lenhoso das várias plantas, cujos dados médios de comprimento constam do quadro IX revelou, através do teste F, a não ocorrência de diferenças significativas no comprimento daqueles elementos por influência dos tratamentos comparados. O comprimento médio encontrado para as fibras foi de  $1,40 \pm 0,08$  mm e um coeficiente de variação de 12,14%.

Esses valores podem ser relacionados às citações de BOENISCH et al. (1962) que afirmam haver um aumento do comprimento médio da fibra do pinho em função da idade da árvore. Em suas mensurações determinaram os seguintes comprimentos médios de fibra para madeira de: 5 anos = 3,287mm, 10 anos = 4,134 mm, 20 anos = 4,515 mm e, finalmente, madeira velha = 6,704 mm. Da mesma forma, FERREIRA et al. (1969) encontraram em Araucária com 22 anos de idade um comprimento médio de fibra de 4,49 mm, largura média = 0,0429 mm e espessura de parede = 5,84 u.

Os dados médios obtidos na mensuração do diâmetro das fibras, são apresentados no quadro X. Como no caso anterior, o teste F foi não significativo, encontrando-se um diâmetro médio de  $24,25 \pm 1,5$  u e coeficiente de variação de 12,81%.

De modo semelhante, MELLO (1968) trabalhando com **Eucalyptus saligna**, não encontrou qualquer efeito da fertilização com N, P e K sobre o comprimento e espessura das fibras. Apenas o calcário atuou na redução do comprimento.

Os dados médios relativos à espessura de parede das fibras constam do quadro XI. Resultou, pela análise da variância, F significativo ao nível de 1% de probabilidade e coeficiente de variação de 8,62%. As espessuras médias encontradas para os vários tratamentos, em ordem decrescente, foram:

Completo = 5,46 u; -Ca = 5,41 u; -P = 5,37 u; -8 = 5,35 u; -Mg = 4,82 u; -Micro = 4,80 u; -K = 4,62 u; -N = 4,23 u e Testemunha = 3,94 u. Os resultados da aplicação do teste de Tukey às médias indicaram diferença altamente significativa para «-N e Completo» e, ao nível de 5% para «-N e -Ca», «-N e -P» assim como para «-N e -8». Nos contrastes entre a Testemunha com: Completo, -Ca, -P e -8 as diferenças foram significativas ao nível de 1%. Não houve qualquer significância nos demais contrastes. Os resultados permitem avaliar o efeito da omissão do nitrogênio sobre a redução na espessura de parede das fibras. Por outro lado, foi constatado por SANTOS et al. (1967), que concentrações elevadas de nitrogênio tendem a reduzir a espessura de parede das fibras e dos fibro-traqueídeos de **Pinus elliottii** cultivado em vaso. Efeito no mesmo sentido, foi observado sobre o comprimento desses elementos.

Os teores percentuais médios de macronutrientes encontrados na parte aérea e no sistema radicular das plantas, em cada tratamento, são apresentados no Quadro XII.

VAN GOOR (1965) cita os seguintes valores para o conteúdo médio dos macronutrientes e seus limites de variação, nas folhas de **Araucaria angustifolia**, aos 25 anos de idade.

Nutriente	Conteúdo médio em relação à matéria seca	Limites de variação
N	1,55%	1,02 - 1,95%
P	0,14%	0,08 - 0,18%
K	1,30%	0,56 - 2,00%
Ca	0,76%	0,35 - 1,70%
Mg	0,24%	0,05 - 0,32%

MELLO et al. (1960) encontraram em plantas de **Pinus elliottii**, aos 4 anos de idade, os seguintes teores percentuais nas folhas:

N	P	K	Ca	Mg
1,23	0,08	0,35	0,21	0,12

A análise de variância, dos dados transformados para  $\text{arc sen}\sqrt{P}$  revelou o seguinte:

1 - Para o **Nitrogênio** na parte aérea, o teste F foi significativo ao nível de 1%, obtendo-se um coeficiente de variação - 9,06%. Observou-se, pelo teste de Tukey, que apenas o tratamento to 'com omissão de magnésio apresentou um teor de nitrogênio superior ao tratamento -N, com significância ao nível de 5% e, superior a -Ca e Testemunha, ao nível de 1% de probabilidade. O tratamento Completo não diferiu significativamente de nenhum outro tratamento, nem mesmo da testemunha. Era esperado que o tratamento -Ca apresentasse teor de nitrogênio superior ao -N. A causa da inversão verificada provavelmente esteja no chamado «efeito de diluição» interagindo com o desequilíbrio da solução utilizada, a qual reduz a 1/3 o conteúdo de N fornecido no tratamento -Ca, em comparação aos demais. A solução de HOAGLAND e ARNON (1950), embora tenha sido freqüentemente utilizada, merece ser reestudada de modo a corrigir certas desproporções, entre tratamentos, no fornecimento de um mesmo elemento. Tais inconvenientes poderão provocar respostas dúbias e interpretações incorretas, principalmente, com relação aos sintomas de deficiência e às exigências nutricionais das plantas.

O quadro XII permite verificar que o teor médio de N encontrado na parte aérea das plantas pertencentes ao tratamento -Mg foi de 1,20% e para o Completo, 0,82%. WILL (1961) considera que, para **Pinus radiata**, um teor foliar de 1.6% de N indica suprimento adequado a planta e, um excesso ou carência de um nutriente causa alterações características na absorção dos outros. Por outro lado, RICHARD et al. (1969) estabeleceram que, para propósitos práticos, os teores foliares críticos para a **Araucaria cunninghamii** seriam 1,35 % de N e 0,11% de P.

O conteúdo de nitrogênio no sistema radicular, igualmente acusou teste F significativo ao nível de 1% e um coeficiente de variação de 6,97% .Apenas os tratamentos -N e -Ca mostraram-se inferiores a -K e Testemunha com diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade. Os demais contrastes não diferiram significativamente entre si.

2 - O teste F aplicado aos dados transformados correspondentes aos teores de Fósforo na parte aérea foi significativo a 1%, obtendo-se um coeficiente de variação de 6.32%. Pela aplicação do teste de Tukey pode-se notar que os teores de fósforo na testemunha e em -P foram inferiores aos de todos os outros tratamentos com significância ao nível de 1% de probabilidade. O contraste entre -Mg e -Ca foi significativo a 5%. Indica, aparentemente, que a omissão de Mg tenha propiciado um incremento na absorção de P, o

que, provavelmente, seja devido a maior quantidade desse elemento no tratamento -Mg, fornecida pela solução nutritiva. Não diferiram os demais contrastes.

Demonstraram, os resultados, que a omissão dos outros elementos, praticamente, não interferiu na absorção do P pelas plantas.

WILL (1961) menciona 0.1% de P como teor foliar adequado para **Pinus radiata**, inferior, portanto, ao apresentado pelo tratamento completo em Araucária, que foi de 0.23% de P na parte aérea. Para eucalipto, LIANI (1966) obteve os seguintes teores percentuais de P total na planta «Testemunha» = 0.172, «Completo» = 0.465, «-N» = 0,482, «-P» = 0,205 e «-K» = 0,449. Comparando-se agora, através do quadro XII, os teores correspondentes a esses tratamentos encontrados para Araucária, observa-se que estes foram sempre mais baixos, onde: Testemunha = 0,12, Completo = 0.23, -, -N = 0,30, -P = 0.10 e -K = 0.27. Tal fato levaria a supor exigências nutricionais relativamente menores para o pinheiro brasileiro o que não condiz com as observações práticas.

A análise do conteúdo de fósforo no sistema radicular, igualmente, revelou para o teste F, significância ao nível de 1% de probabilidade e um coeficiente de variação de 5,47%. Observou-se, também, no sistema radicular, maior absorção de fósforo, exceto com «-N», mostraram-se altamente significativos. Em seguida surge, praticamente, na mesma situação o tratamento -N provavelmente por efeito de concentração (plantas pequenas) que não diferindo de -Mg, diferiu significativamente de todos os outros, ao nível de 1% exceto para -K que foi a 5% de probabilidade. Os teores de fósforo mais baixos foram obtidos no tratamento -F que só não diferiu significativamente da testemunha. Esta, por sua vez, foi inferior a -Mg, -N e -K com significâncias ao nível de 1%. Não houve diferença nos demais contrastes.

3 - Quanto ao Potássio contido pela parte aérea das plantas, como nos casos anteriores, o teste F foi significativo a 1% de probabilidade, sendo o coeficiente de variação igual a 6.94 %. Mostraram como teores mais baixos os do tratamento -K, o qual, diferiu de todos os outros com significância ao nível de 1% de probabilidade. Em seguida surgem os tratamentos Completo e Testemunha, com teores também inferiores significativamente ao nível de 1% em relação a -Mg e -N. Novamente a solução nutritiva apresenta-se desequilibrada, fornecendo quantidade de potássio, no tratamento -Mg, maior que o dobro, relativamente aos outros tratamentos.

Tal fato poderia ter contribuído para essa maior absorção verificada de K, N o tratamento -N esse teor mais elevado poderia ser explicado pelo «efeito de concentração». Não houve significância para os demais contrastes.

Teor foliar de 1,1% de K foi considerado por WILL (1961), como indicativo de suprimento adequado para **Pinus radiata**. Comparativamente, as plantas de Araucária no tratamento Completo apresentaram 0,72% e aquelas do -K, mostrando sintomas de deficiência, continham apenas 0,23% de potássio. Em **Pinus taeda** e **P. virginiana**, SUCOFF (1961) associou sintomas de deficiência nas plantas, às concentrações de 0,16 a 0,26% de K nas acículas.

No sistema radicular, os teores de potássio encontrados foram, relativamente, mais baixos. Igualmente, F foi altamente significativo e sendo de 9,78% o coeficiente de variação. Aplicado o teste de Tukey aos resultados observou-se que, apenas no tratamento -K, o teor de potássio mostrou-se inferior ao obtido nos tratamentos -Mg, -N, -P, -S e -Ca, ao nível de 1 %, e de Testemunha e Completo, a 5% de probabilidade. Não diferiram os demais contrastes, indicando, portanto, que a omissão dos nutrientes não provocou variações significativas no conteúdo de potássio no sistema radicular.

4 - Para o Cálcio. na parte aérea das plantas, o teste F mostrou-se significativo ao nível de 1% de probabilidade e com 6,43% para o coeficiente de variação.

Os resultados da aplicação do teste de Tukey permitiram observar que o tratamento -K evidenciou-se apresentando teores de Cálcio significativamente maiores, com diferença ao nível de 5% em relação a -Mg e a 1 % de probabilidade para os demais tratamentos. Opostamente, o tratamento -Ca apresentou os teores mais baixos, com diferenças significativas a 1% em relação a todos os outros. Não diferiram os demais contrastes. Esses resultados induzem à consideração de que apenas a omissão de potássio propiciou condições para maior absorção de cálcio pelas plantas, quando, entretanto, pode ter sido efeito da maior concentração desse elemento naquele tratamento.

O teor médio de cálcio observado nas plantas do tratamento Completo foi de 0,76, o que coincide com os teores foliares médios encontrados por VAN GOOR (1965) em pinheiros com 25 anos de idade. MELLO et al. (1960) citam 0,21% de Ca nas folhas de **Pinus elliottii**, enquanto, SUCOFF (1961) relaciona teores de 0,03% com sintomas de deficiência nas folhas novas de **Pinus taeda**.

No sistema radicular das mesmas plantas analisadas quanto ao cálcio, o teste F mostrou-se, também, altamente significativo e o coeficiente de variação foi de 6,98%.

Observou-se pequeno efeito da omissão dos diferentes elementos sobre o conteúdo de cálcio no sistema radicular das plantas. Apenas o tratamento -Ca foi inferior a -Mg, com significância ao nível de 1% e, a -P, a 5% de probabilidade indicando, provavelmente, que a omissão de Mg e a de P provocaram maior absorção de Ca.

5 - A análise da variância dos teores de Magnésio na parte aérea das plantas, feita através dos dados transformados, acusou o teste F significativo ao nível de 1% de probabilidade, para um coeficiente de variação de 5,30% .O tratamento -Mg apresentou o mais baixo teor de magnésio nas plantas, cujos contrastes com todos os outros tratamentos foi significativo ao nível de 1% de probabilidade. O teor mais alto de magnésio foi encontrado nas plantas do tratamento -Ca. Seu contraste com -K não foi significativo sendo-o, porém, ao nível de 1% , quando foi formado com os demais tratamentos. Em segundo lugar surge o -K que foi superior ao -N com diferença significativa ao nível de 5% e, dos outros tratamentos, a 1 % de probabilidade. Da mesma forma o tratamento -N foi superior a -Micro.a 5% e, a -S e Testemunha. a 1% de probabilidade. Finalmente. -P foi. Superior ao -S e Testemunha ao nível de 5%. Os demais contrastes não foram diferentes significativamente. Comparando-se ao Completo os resultados indicam efeito positivo da omissão de Ca, assim como a de K, sobre o aumento da absorção de magnésio na parte aérea das plantas, cujos teores encontrados foram: 0,21 %, 0.41% e 0.35% respectivamente. Em pinheiros com 25 anos de idade, VAN GOOR (1965) obteve teores foliares médios de 0.24% de magnésio, portanto, bem próximos ao obtido nas plantas que durante um ano foram submetidas ao tratamento Completo. As plantas carentes em Mg apresentaram teores médios de 0,06% desse elemento na parte aérea. SUCOFF ( 1961) menciona para **Pinus taeda** e **P. virginiana** teores foliares críticos da ordem de 0,08% de magnésio, abaixo do qual. Surgem sintomas de deficiência nas folhas.

Para o sistema radicular, a análise dos teores de magnésio. igualmente revelou o teste F significativo ao nível de 1% de probabilidade com um coeficiente de variação de 5,52%. Pelo exame do quadro XII. observa-se que novamente o tratamento -Mg apresentou o menor índice de magnésio diferindo significativamente, ao nível de 5% da testemunha, e a 1% de probabilidade, em relação a todos os outros tratamentos. Da mesma forma a testemunha mostrou-se inferior a -N, significativamente ao nível de 5% e a -K. -Ca e

Completo, ao nível de 1% de probabilidade. Ainda os tratamentos -P, -Micro. e -S com idênticos valores, mostraram-se inferiores a -K com significância ao nível de 1% , enquanto -N foi a 5% de probabilidade. Os demais contrastes não diferiram. Relativamente à parte aérea os teores de magnésio nas raízes foram sempre mais baixos.

6 - Finalmente, os teores de **Enxofre** contidos pela parte aérea das plantas, cujo teste F, aplicação aos dados transformados, foi significativo ao nível de 1% de probabilidade, apresentou uma variação maior, vista através de um coeficiente de variação de 18,31%. Da aplicação do teste de Tukey resultou significâncias ao nível de 1% para os contrastes formados por -N e -Mg; -N e Testemunha; -K e Testemunha e, ao nível de 5%, para -N e -5; -K e -5 e ainda para -N e -Mg. Não houve significância para os demais contrastes. A aparente superioridade do tratamento -N provavelmente se deva à maior quantidade de enxofre contida pela solução nutritiva, no referido tratamento. Além disso, como o tratamento Completo, não diferiu de qualquer outro, não se pode confirmar tal tendência.

No sistema radicular o teste F aplicado aos dados correspondentes aos teores de enxofre, igualmente, evidenciou-se altamente significativo, entretanto, com um coeficiente de variação mais baixo, igual a 13,18%.

A testemunha apresentou teores de enxofre mais baixos, sendo significativos ao nível de 1%, os contrastes com -Ca, -N, -K e Completo. O tratamento -8 diferiu de -Ca, -N e -K, com significâncias ao nível de 5%. Não diferiram os demais contrastes. Esses resultados não evidenciam qualquer efeito interessante da omissão dos elementos sobre o conteúdo de enxofre no sistema das plantas de pinheiro.

BARROWS (1959) menciona que foi demonstrado conclusivamente por SHEAR (1958) que, quando os experimentos em cultura de areia são orientados através da análise do solo, os resultados podem ser estendidos para as árvores cultivadas no campo.

Pode-se concluir que o uso de todas as técnicas de diagnóstico discutidas no presente trabalho, envolve considerável soma de trabalhos que, poderiam demandar um ano ou mais para se completarem. Porém, em vista dos altos investimentos que podem ser feitos, baseados na diagnose, tal gasto de tempo e esforço torna-se plenamente justificável pois, é importante que o manejador florestal esteja apto a prever, com boa segurança, que o investimento em fertilizantes produza um retorno satisfatório.

## 6. RESUMO E CONCLUSÕES

Um experimento sobre a alimentação mineral de pinheiro do Paraná **Araucaria angustifolia** (Bert.) O. Ktze. cultivado em vaso contendo sílica, foi instalado a pleno sol, no viveiro florestal pertencente ao Departamento de Silvicultura, E. S. A. «Luiz de Queiroz», em Piracicaba, S.P. , visando estudar os efeitos da omissão de nutrientes essenciais sobre o desenvolvimento das plantas. O clima no local pertencente ao tipo Cwa, no sistema de Köppen.

O delineamento seguido foi o de Blocos Casualizados, com três repetições. Cada vaso continha uma planta e cada parcela era constituída por dois vasos ligados, por meio de mangueira a um garrafão contendo solução nutritiva.

As plantas recebiam a solução de HOAGLAND e ARNON (1950), completa ou com deficiência de nutrientes, conforme os seguintes tratamentos: 1) Completa; 2) -N; 3) -P; 4) -K; 5) -Ca; 6) -Mg; 7) -S; 8) -Micronutrientes e 9) Testemunha (somente água destilada). O ferro era fornecido sob a forma de quelato.

As mudas foram obtidas por semeadura em areia lavada de rio, em caixas e dentro de casa de vegetação. Aos dois meses de idade as mudas, padronizadas por altura, foram repicadas para os vasos contendo 5 litros de sílica lavada e, posteriormente, colocadas a pleno sol.

As regas eram feitas manualmente, por inundação, duas vezes ao dia e, a solução, substituída a cada 20 dias.

Ao final de um ano, após o início do fornecimento da solução nutritiva, as plantas foram fotografadas e os sintomas de deficiência foram descritos. Procedeu-se, então, à mensuração da altura total e do diâmetro no colo das plantas, ocasião em que foi encerrada a fase de campo do ensaio. A seguir as plantas foram cortadas e pesadas. Foram estudados, ainda, o peso seco e composição mineral da parte aérea e sistema radicular, além, das características das fibras.

Da discussão dos resultados podem ser tiradas as seguintes conclusões:

1) A técnica de cultura mostrou-se eficiente ao desenvolvimento da **Araucaria angustifolia** até 1 ano de idade.

2) Uma solução nutritiva equilibrada propiciou desenvolvimento normal às plantas.

3) Plantas com um ano de idade já evidenciavam sintomas de deficiências minerais.

4) As omissões de N e de P causaram os mais sérios prejuízos ao desenvolvimento do pinheiro do Paraná.

5) Os nutrientes N e P devem ser prioritários aos estudos de fertilização mineral da espécie.

6) Pinheiros completamente desnutridos sobreviveram por mais de um ano.

7) A omissão de N limitou o crescimento e provocou forte clorose às plantas.

8) A omissão de P, além de limitar o crescimento, provocou crestamento e morte de folhas e ramos.

9) Nos tratamentos com omissão de N ou de P, a altura das plantas era, praticamente, igual a das testemunhas.

10) O desenvolvimento das plantas foi menos afetado pela omissão de K, Ca, Mg, S ou Micronutrientes.

11) O crescimento em diâmetro e em peso foi significativamente reduzido pela omissão de N ou de P.

12) O peso das plantas nutridas com solução completa foi sensivelmente superior ao daquelas com omissão.

13) A omissão de N, P e Mg prejudicou o desenvolvimento radicular.

14) A omissão de S na solução nutritiva não alterou, visivelmente, o desenvolvimento das plantas.

15) A omissão dos micronutrientes provocou alongamento dos ramos laterais e inibiu o crescimento da ramificação secundária.

16) A omissão dos nutrientes essenciais não apresentou qualquer efeito sobre o comprimento e o diâmetro das fibras. Apenas a espessura de parede das fibras foi reduzida pela deficiência de N.

17) A absorção de N pelas plantas não foi afetada pela omissão dos outros elementos minerais da solução nutritiva.

18) O teor de p na parte aérea das plantas não foi afetado pela omissão dos outros elementos minerais na solução nutritiva.

19) As plantas dos tratamentos com omissão de Mg e de N tiveram aumentados o teor de p no sistema radicular e, o de K, na parte aérea.

- 20) A deficiência de K aumentou o teor Ca na parte aérea das plantas.
- 21) Soluções com a carência de Ca e a de K aumentaram sensivelmente o teor de Mg na parte aérea das plantas.
- 22) A absorção de S pelas plantas não foi afetada pela omissão dos demais elementos da solução nutritiva.

### BIBLIOGRAFIA CITADA

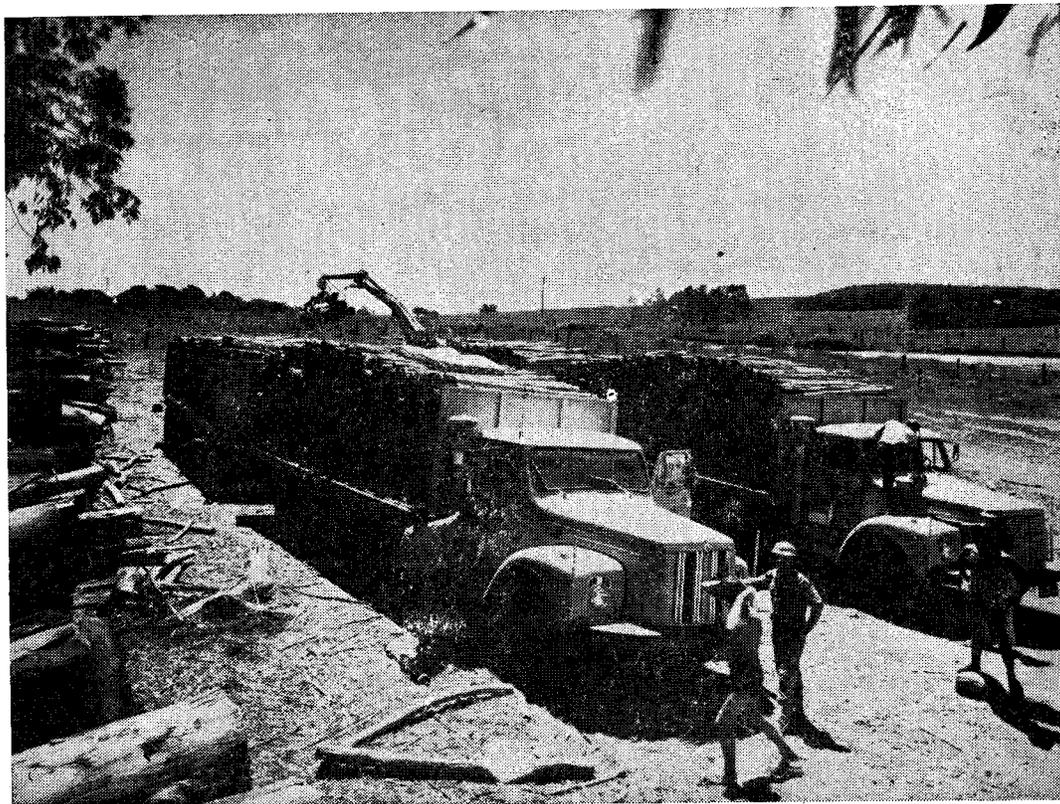
- BARROWS, H. L. 1959 - «Evaluating the micronutrient requirements of trees.» Mineral Nutrition of Trees. A Symposium. D.U., S.F. Bull. 15 (18-31) Durham, N. C.
- BOENISH, A. et al. 1962 - «Contribuição ao conhecimento do pinho». Bol. da Univ. do Paraná; Conselho de Pesquisas; Inst. de Pesquisas Químicas, n.º 12.
- DEPARTAMENTO DE FÍSICA E METEOROLOGIA. 1971 - «Análise dos dados meteorológicos de Piracicaba, S. P.». E. S. A. «Luiz de Queiroz» - U. S. P.
- FERREIRA, M. et al. 1969 - «Estudos preliminares de algumas características anatômicas de coníferas e folhosas». O Solo (1), (79-82).
- GODOY, H. & A. A. ORTOLANI. Sem data - «Carta climática do Estado de São Paulo». Inst. Agron. Campinas.
- GOLFARI, L. 1967 - «Coníferas aptas para repoblaciones forestales en el Estado de São Paulo.» Silv. em S. -Paulo 6 (único), (7-62).
- GOMES, F. P. 1963 - «Curso de Estatística Experimental». 2.a Edição. ESALQ USP. Piracicaba. 384 pp,
- HAAG, H.P. et al 1961 - «Composição Química de **Eucalyptus alba** Reinw e **Eucalyptus grandis** (Hill) Maiden. Resultados preliminares. II. Conf. Mund. Euc. Relat. e Doc. F. A. o. Vol. II (1329-34).
- .....et al. 1963 - «Composição química de **E. alba** Reinw e **E. grandis** Hill Maiden». Fertilité 18, (9-14).
- HACSKAYLO, J. 1960 - «Deficiency symptoms in forest trees.» Trans. 7 th. Int. Congr. Soil Sci., Madison 3, (393-405) lin F. A. 23 n.º 53261.
- HOAGLAND, D. R. & D. I. ARNON. 1950 - «The water culture method for growing plants without soil.» Cal. Agr. Exp. Sta. Cir. 347.
- HUECK, K. 1953 - «Distribuição e habitat natural do pinheiro brasileiro (**Araucaria angustifolia**). «Fac. Fil. Cinc. e Let. - U. S.P. Bol. 156, (5-24) S. Paulo.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1957 - «Enciclopédia dos Municípios Brasileiros» 28,493 pp. e 29,397 pp. Rio de Janeiro.

- JACOB, A. & H. von UEXKULL. 1958 - «Fertilizer Use». Nutrition and Manuring of Tropical Crops. (1-19) 491pp.
- JOHNSON. C. M. & A. ULRICH. 1959 - «Lavagem de material para análise química». California Agr. Exp. Sta.. Bull. 766.
- JUNG. J. & G. RIEHLE. 1966 - «Longterm fertilization studies with forest plants in pots.» Forstwiss. Cbl. 85 (3/4). (107-20) in F. A. 27 n° 5517.
- KRAMER. P. J. & T. T. KOSLOWSKI. 1960 - «Mineral nutrition and salt absorption.» Physiology of trees. McGraw-Hill Book Co. Inc. New York (224-75) 642 pp.
- LA BASTIDE. J.G.A. & C.P. van GOOR. 1970 - «Growth/site relationships in plantations of **Pinus elliottii** and **Araucaria angustifolia** in Brazil.» Plant & Soil 32(2), (349-66). /in F. A. 31 n.º 6054/.
- LANUZA. J. M. de. 1970 - «Boron deficiency and toxicity in **Pinus radiata**.» Publ., Borax Consol. Ltd. London. From abstr. in Soils & Fertil. 33(3). !in F.A. 32 n.º 3101.
- LAVENDER. D. P. & R. L. CARMICHAEL. 1966 - «Effect of three variables on mineral concentrations in Douglas-fir needles» Forest Science 12(4), (441-6).
- LIANI. A. 1966 - «The absorption of phosphate in **Eucalyptus trabutii**.» Proceedings of the Sixth World Forestry Congress 2. (1955-58).
- LIEKENS, H. 1962 - «Fertilizer trials with Poplars.» Agricultura, Lauvain 10(4). (791-826). /in F.A. 24 n° 3649/.
- LOTT. W. L. et al. 1956 - «A técnica da análise foliar aplicada ao cafeeiro» Inst. Agron. Campinas. Bol. 79.
- MALAVOLTA. E. 1957 - «Práticas de Química Orgânica e Biológica.» Centro Acad. «Luiz de Queiroz». Piracicaba.
- .....et al. 1964 - «Influência do nitrogênio, fósforo e potássio no crescimento e composição química do **Pinus elliottii** Engel. cultivado em solução nutritiva.» Silv. em São Paulo 3(3), (115-28).
- MAKI, E. T. 1963 - «Forest Tree Physiology: mineral nutrition.» Special Field Institute in Forest Biology. Proceedings of the Sixth World Fo(125-30).
- MANABE, T. 1962 - «Some water- culture experiments on the Silver Wattle (*Acacia de albala L.*)» J. Jap. For. Soc. 44(1), (9-14) /in F. A. 23 n.º 4883/.

- MELLO, H. A. 1968 - «Aspectos do emprego de fertilizantes minerais no reflorestamento de solos de cerrado do Estado de São Paulo com **Eucalyptus saligna** Sm.» Tese para concurso de provimento de Cátedra. E.S.A.L.Q. -U.S.P. Piracicaba - S.P.
- .....et al. 1960 - «Composição de **Pinus elliottii**» An. Bras. Econ. Flor. 12, (27-32).
- .....1970 - «Resultados da aplicação de fertilizantes minerais na produção de madeira de **Eucalyptus saligna** Sm. em solos do cerrado do Estado de S. Paulo.» IPEF 1,(7-26).
- PETERSON, P. I. 1962 - «Mineral nutrition of **Agathis australis** Salisb., the Kauri. Part 1. Effects of deficiencies of essential elements on the growth and foliar mineral composition of seedlings. Part 2. An extension to forest-grown seedlings and including analyses of tree foliage.» N. Z. J. Sci. 5(2), (141-64, 221-36). /in F. A. 24 n.º 2215/.
- PIPER, C. S. 1950 - «Soil and Plant Analyses», Interscience Publishers, Inc. New York.
- RICHARDS, B. N. 1967 - Introduction of the rain forest the species **Araucaria cunninghamii** Ait. to a dry sclerophyll forest environment». Plant & Soil 27(2), (201-16) /in F. A. 29 n.º 2294/.
- .....1968 - «Effect of soil fertility on the distribution of plant communities as shown by pot cultures and field trials.» Commonw. For. Rev. 47(3), (200-10) /in F.A. 30 n.º 19801.
- .....& BEVEGE, D. I. 1969 - «Critical foliage concentrations of nitrogen and phosphorus as a guide to the nutrient status of **Araucaria** underplanted to **Pinus**.» Plant & Soil 31(2), (328-36). /in F. A. 31 n.º2152.
- SANTOS, C. F. O. et al. 1967 - «Efeito de concentrações de macronutrientes N, P e K no aumento do espessamento da parede dos traqueídeos de **Pinus elliottii** (plantas em vaso) .» Anais da E. S. A. «Luiz de Queiroz». 24 (317-22). Piracicaba.
- SARRUGE, J. R. 1971 - «Análises químicas.» Curso Pós-graduado de Solos e Nutrição de Planta (Nutrição e Adubação de Plantas). Dep. de Química -E. S. A. «Luiz de Queiroz» -Piracicaba.
- SUCOFF, E.I. 1961 - «Potassium, magnesium, and calcium deficiency symptoms of Loblolly and Virginia Pine Seedlings.» Sta. Pap. Ntheast. For. Exp. Sta. N.º 164, 18 pp. /in F.A. 23 n.º 5325.
- SWAN, H. S. D. 1966 - «Studies of the mineral nutrition of Canadian pulpwood species. The use of visual symptoms, soil and foliage analyses and soil bio-assays for the determination of the fertilizer requirements of forest soils.» Sixth World Forestry Congress- Vol. II (2344--7.) Madrid.

- .....1967 - «The fertilization of Man-made Forests». F.A.O. World Symposium on Man-made Forests and their Industrial Importance 1, (422-32).
- van GOOR, C. P. 1965 - «Reflorestamento com coníferas no Brasil. Aspectos ecológicos dos plantios na região sul, particularmente de **Pinus elliottii** e **Araucaria angustifolia**.» S.I.F.; S.P.F.; D. S.; D.R.N.R.; Minist. da Agric., Rio de Janeiro. Bol. 9, 58 pp.
- .....1966 - «Classificação da capacidade da terra em relação ao reflorestamento com **Pinus elliottii** Eng. var. *elliottii* e **Araucaria angustifolia** (Bert.) O. Ktze., no Estado de São Paulo.» Silv. em S. Paulo 4 (4/5), (349-66).
- VLIET, C. V. 1958 - «O pinheiro brasileiro plantado com mudas com raízes cortadas.» An. Bras. Econ. Flor. I.N.P. 10 (89-102).
- WELLS, C. G. 1970 - «Nitrogen and, potassium fertilization of loblolly pine on a South Carolina Piedmont soil.» For. Sci. 16(2), (172-6).
- WILL, G. M. 1961 - «The mineral requirements of Radiata Pine seedlings.» N.Z.J. Agric. Res. 4(3/4), (309-27). /in F. A. 23 n.º 3738/.
- .....1963 - «Anomalias no crescimento de mudas de eucalipto provocadas por carência de elementos nutritivos.» Fertilité 19 (3-12).

## Indústria de Celulose BORREGAARD S/A



A Indústria de Celulose **BORREGAARD S. A.** introduz mecanização nas suas atividades de corte e transporte para permitir completo atendimento na sua volumosa demanda de matéria-prima florestal.

Na foto os possantes caminhões da Borregaard estão sendo carregados pelos tratores madeireiros Valmet usados pela Superintendência Florestal.

produtos

**m**adeirit

— mais qualidade a serviço da construção

**FORMAS  
PARA CONCRETO**

Moldagem perfeita.  
Máxima economia.  
Amplio reaproveitamento.

**LAMBRIS  
DE MADEIRA**

Lâminas de madeiras  
decorativas coladas sobre  
tela e aplicáveis  
sobre qualquer superfície.

**PORTAS MAIS  
FUNCIONAIS**

Maciças ou Semi-ocas  
(de Six-Cel).

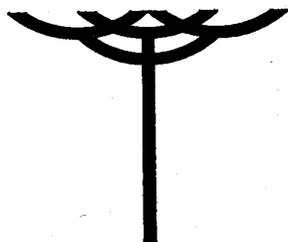
**TELHAS  
DE GRANDE  
RESISTÊNCIA**

Com ou sem revestimento  
de alumínio.

E também: TAPUMES LISOS OU ONDULADOS.  
COMPENSADO NAVAL.  
COMPENSADO INDUSTRIAL.

INDÚSTRIAS  
**m**adeirit S.A.

Rua Xavier de Toledo, 264 - 10.º  
Tel.: 37-0561, End. Telegr.: "DEIRIT". São Paulo



## **Papel e Celulose Catarinense S.A.**

Papel e Celulose Catarinense S.A., uma indústria integrada de celulose e de papel, planejada e operada exclusivamente para produção de papéis kraft, produto de alta resistência fabricado de matéria-prima de fibra longa. Situada no Planalto Catarinense, utiliza-se essencialmente de pinheiros nativos e de «Pinus» oriundos de reflorestamento. São 1.000 metros cúbicos, por dia, de pinho, sob a forma de toras e sobras de serrarias.

Objetivando o seu contínuo e crescente abastecimento de matérias-primas fibrosas, a Empresa executa não só reflorestamentos próprios, como também, registrada no IBDF sob o n.º 46, elabora, planeja e executa reflorestamentos para terceiros, com recursos atenuantes do imposto de renda.

### **PAPEL E CELULOSE CATARINENSE S.A.**

R. Líbero Badaró, 471 — São Paulo — Fones: 32-2392 — 37-8284  
— Vendas: 34-3471 — Telex: 021-197 — Teleg Celucat. — S. Paulo  
Fábrica: Distrito de Correia Pinto, Município de Lages — Estado de  
Santa Catarina

# Indústria de Papel LEON FEFFER S/A Companhia SUZANO de Papel e Celulose Indústrias de Papel RIO VERDE S/A



## PAPÉIS E CARTÕES PARA EMBALAGENS E IMPRESSÕES

- OFFSET
- MIMEOGRAFO RAPID
- CARTÃO BRANCO «ALEF9»
- CARTÃO BRANCO MULTIPLEX
- CARTÃO BRANCO "T.P. ALEF9»
- CARTÃO BRANCO L.F.
- CARTÃO BRISTOL
- ACETINADO
- SUPER WHITE (\*)
- COUCHE
- SULFITE
- BUFFON
- KRAFT
- MONOLÚCIDO
- SUPERBOND
- ILUSTRAÇÃO
- PLASTKRAFT
- RIO BRANCO (\*)

(\*) Marca Registrada

Av. Presidente Wilson, 4.100 - Tels.: 63-9161 — 273-9497 — 273-9757

Caixa Postal 42.319 — Telegrama: «FEFERMIL» — São Paulo

### — REPRESENTANTES —

- |                  |                 |                      |                |
|------------------|-----------------|----------------------|----------------|
| * Rio de Janeiro | — Tel. 243-7967 | — 221-319 — 221-1819 |                |
| * Fortaleza      | — Tel. 40-254   | — * Pôrto Alegre     | — Tel. 22-5132 |
| * Salvador       | — Tel. 2-2412   | — * Blumenal         | — Tel. 22-1034 |
| * Curitiba       | — Tel. 22-0273  | — * B. Horizonte     | — Tel. 22-4174 |
| * Goiânia        | — Tel. 6-3486   | — * Recife           | — Tel. 4-4036  |