

**TOLERÂNCIA DO PINHEIRO DO PARANÁ (ARAUCARIA ANGUSTIFOLIA  
(BERT.) O. KTZE) A TEORES CRESCENTES DE ALUMÍNIO\***

\*\* J. W. Simões  
\*\* H. T. Z. do Couto  
\*\*\* S. Kajyia

**SUMMARY**

A pot culture with growing levels of aluminium in nutrient solution was carried out under out door conditions, in the Department of Silviculture of Forestry Course in Piracicaba, São Paulo.

The objective was to study the tolerance of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze to the presence of aluminium under the following levels: 0 -0,25 -0,50 -1,00 -2,00 -3,00 and 4,00 e.mg Al+++.

After one year of treatment with these nutrient solutions, the results were statistically analysed and the following conclusions could be drawn:

- 1 - The species showed good tolerance to 1,00 e.mg Al+++.
- 2 - The levels 2,00 to 4,00 e. mg Al+++ severely reduced high growth.
- 3 - Related to diameter growth the tolerance reached 2,00 e.mg Al+++.
- 4 - Levels 3,00 and 4,00 e. mg Al+++ depressed diameter growth.

**1. INTRODUÇÃO**

A *Araucaria angustifolia* é uma espécie considerada exigente tanto em condições climáticas como em qualidades de solo. Quanto a este último considera-se muito importante para o pinheiro as propriedades químicas do solo especialmente a fertilidade. Atualmente, entretanto, os solos mais férteis são destinados mormente à agricultura restando aos plantios florestais a alternativa da utilização dos solos mais pobres.

Estes solos são, em regra geral, ácidos, apresentando baixos teores de nutrientes minerais, sendo o fósforo o elemento mínimo, na grande maioria dos nossos solos utilizados para as atividades florestais.

Aliado à baixa fertilidade muitos terrenos apresentam altos teores de alumínio, o que vem limitar ainda mais o seu aproveitamento para o cultivo de determinadas essências florestais. O alumínio é um agente tóxico e seu efeito impeditivo sobre o crescimento é conhecido.

O presente trabalho tem por escopo o estudo do grau de tolerância do pinheiro do Paraná para viver em presença do alumínio.

**2. REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA**

---

\* Apresentado no II.º Congresso Florestal Brasileiro, Curitiba, 1973

\*\* Departamento de Silvicultura, Curso de Engenharia Florestal - ESALQ - USP

\*\*\* I.P.E.F. - Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais

Inúmeros autores tem pesquisado a influência dos elementos minerais sobre o comportamento e vida das plantas, destacando-se, aqui, apenas trabalhos que focalizam tal influência no desenvolvimento de essências florestais.

Assim, SPELTZ (1963) comparando o desenvolvimento do pinheiro do Paraná plantado em diferentes padrões de solo classificados como solo de «mato» solo de «cerrado» e solo de «campo», com um gradiente decrescente de fertilidade conclui entre outras coisas que: a Araucária é uma essência exigente quanto às qualidades do solo. Recomenda o seu plantio em solos de «mato» cujo rendimento volumétrico é fartamente compensador sob o aspecto econômico quando bem manejado. Devido à baixa produtividade apresentada a Araucária não deverá ser plantada em solos de «campo», mesmo considerando-se a economia nos tratos culturais.

Na opinião de LA BASTIDE & Van GOOR (1970) foi confirmado que o crescimento da **A. angustifolia** e **Pinou elliottii** depende, consideravelmente, da fertilidade do solo e que a primeira espécie necessita cerca de duas vezes as quantidades de nutrientes exigidos pela segunda e tem, portanto, tido insucesso em solos pobres. O crescimento é ainda correlacionado com o  $P_2O_5$  total em relação aos valores de saturação de Alumínio do solo. Quando o último é alto, ambas as espécies reagem favoravelmente ao fosfato; quando é baixo, a correlação desaparece. Essa relação é baseada na influência do Al no suprimento e demanda de Ca e Mg.

Em trabalho anterior Van GOOR (1965) observa que nos solos profundos com substrato ácido, o sistema radicular da **A. angustifolia** aprofunda-se normalmente, de forma pivotante até cerca de 4 m. Porém, nas regiões com rocha matriz básica, embora as condições físicas do solo sejam favoráveis ao desenvolvimento das raízes, estas na profundidade de 70 cm encontram uma camada que impede o seu crescimento. Como não existe fator mecânico para impedir o crescimento da raiz, algum fator químico pode ser o causador disto, em particular, a elevada quantidade de alumínio trocável existente nesses tipos de solo. O conteúdo de alumínio trocável nas camadas superficiais é ainda mais alto que em outros solos (até 7,6 e. mg/100g de solo) porém, este conteúdo aumenta com a profundidade, sendo que aos 70 cm pode chegar a valores 9 de 15 a 20 e.mg.

Estudando a exigência nutricional da **Araucaria angustifolia.**, SIMÕES (1972) determinou como principais elementos limitantes ao crescimento da espécie, em primeiro lugar a carência de fósforo e, em segundo, a de nitrogênio. Trabalhando com **Pinus**, HUMPHREYS (1964) afirma que onde o complexo de troca de cation tem pouco Ca; o cation dominante é o Al ao qual o **Pinus radiata** é bastante tolerante. Pelo acúmulo à superfície radicular, entretanto, o Al pode inibir a absorção de P, sendo essa situação agravada pelo pequeno desenvolvimento radicular e micorrízico devido à deficiência de Ca. Recomenda a aplicação de P e Ca juntos mas de modo a evitar tornar a camada superficial do solo demais alcalina, conduzindo talvez à deficiência de Mg.

GENTLE & HUMPHREYS (1967) em experiências com fertilizantes fosfatados em florestas plantadas de **Pinus radiata** concluíram que árvores com altos níveis de absorção de alumínio necessitaram ser acompanhadas por altos níveis de absorção de fósforo para crescerem aos ritmos semelhantes aos de outros locais com mesmo nível de fósforo no solo. A investigação desse fenômeno revelou tratar-se de uma verdadeira interação Al x P. Mais importante, ainda, revelou que o mecanismo operante no ritmo de crescimento provavelmente agiu por via de uma interação secundária envolvendo nutrição de Mg.

Para MALAVOLTA (1959) a «fixação do fósforo» é uma expressão ampla, abrangendo todos os processos pelos quais o fósforo aplicado ao solo se torna insolúvel.

Geralmente apenas 5 a 30 por cento do fósforo adicionado é utilizado pela cultura que o recebe. Os 70 a 95 por cento não absorvidos são fixados no terreno. A absorção e a precipitação acusam a maior parte da fixação observada. A formação de compostos de ferro e alumínio, sem dúvida alguma, da conta de boa parte da fixação em solos ácidos.

Afirma ainda o mesmo autor, que as plantas têm maior facilidade para absorver fósforo quando o pH está entre 6,5 e 7,5. Abaixo desse intervalo o fosfato solúvel adicionado na adubação é precipitado pelos compostos de ferro e alumínio que então entram em solução. Por outro lado, a partir do pH 6,0 - 6,5 o cálcio é que passa a controlar o aproveitamento do fósforo devido à possibilidade de formação de fosfatos pouco solúveis.

Segundo a ANDA (1971), o ideal mesmo é manter o solo com um pH entre 6 e 6,5 faixa esta na qual haverá suficiente quantidade disponível de todos nutrientes e não há problema de toxidez provocada por excesso de alumínio e manganês.

Pela revisão da bibliografia constata-se, ainda, que há uma variabilidade entre as espécies florestais quanto à tolerância a teores altos de alumínio.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Material**

##### **3.1.1. Localização do experimento**

O experimento foi instalado no viveiro do Departamento de Silvicultura, Cursos de Engenharia Florestal, ESALQ - USP, em Piracicaba, S. P .

##### **3.1.2. Clima**

O clima local, de acordo com GODOY & ORTOLANI (sem data) pertence ao tipo Cwa pelo sistema de Köppen.

##### **3.1.3. Escolha da espécie**

A espécie utilizada foi a **Araucaria angustifolia** (Bert.) O. Ktze. As sementes, do tipo comercial, eram procedentes de Lages, S. C.

##### **3.1.4. Vasos**

Foram empregados vasos de barro com capacidade para 6 litros e cheios com 5 litros de sílica proveniente de Poços de Caldas, M.G.

O orifício de drenagem em cada vaso era localizado lateralmente e ligado por u'a mangueira a um garrafão de 5 litros, contendo a solução mineral nutritiva. Internamente os vasos foram revestidos com neutrol, sendo os garrafões de vidro pintados, externamente, com tinta branca.

##### **3.1.5. Solução Nutritiva**

A solução nutritiva considerada Completa foi:

- $\text{KH}_2\text{PO}_4$  - M ..... 1,5ml/3 lts/garração
- $\text{KNO}_3$  - M..... 7,5ml/3 lts/garração
- $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  - M..... 7,5ml/3 lts/garração
- $\text{Mg SO}_4$  - M..... 3,0ml/3 lts/garração
- Microelementos.....3,0ml/3 lts/garração

O  $\text{Al}^{+++}$  foi utilizado sob a forma de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ .

A solução de microelementos continha Fe, Zn, Mn, B, Cu e Mo. O ferro foi fornecido sob a forma de quelato (Fe - EDTA).

### **3.2. Método**

#### **3.2.1. Experimento**

O delineamento adotado foi o de blocos casualizados, com nove (9) tratamentos e 3 (três) repetições.

Os tratamentos estudados foram:

- 1 = solução completa (segundo 3.1.5.)
- 2 = solução completa + 0,25 e.mg de  $\text{Al}^{+++}$
- 3 = solução completa + 0,50 e.mg de  $\text{Al}^{+++}$
- 4 = solução completa + 1,00 e.mg de  $\text{Al}^{+++}$
- 5 = solução completa + 2,00 e.mg de  $\text{Al}^{+++}$
- 6 = solução completa + 3,00 e.mg de  $\text{Al}^{+++}$
- 7 = solução completa + 4,00 e.mg de  $\text{Al}^{+++}$
- 8 = água destilada + 1,00 e.mg de  $\text{Al}^{+++}$
- 9 = somente água destilada

#### **3.2.2. Processo de formação das mudas e fornecimento da solução nutritiva.**

Data da sementeira - 20/7/1971.

Inicialmente a sementeira foi feita em caixas de areia, abrigadas em casa de vegetação, onde a irrigação era feita diariamente através de regador com água comum de torneira.

Aos dois meses e meio após a sementeira, as mudinhas, após seleção e padronização por altura, foram transplantadas, a pleno sol, colocando-se uma em cada vaso contendo sílica lavada.

Nos primeiros dias a irrigação passou a ser feita com água destilada contida nos garrafões.

Cada garrafão servindo a dois vasos era elevado, manualmente, o suficiente para fazer aflorar a água à superfície da sílica no vaso, duas vezes ao dia. Em seguida passou-se ao fornecimento da solução nutritiva às plantas.

A solução era trocada a cada 20 dias.

## **4. RESULTADOS**

#### 4.1. Medição relativa à altura das plantas

Os resultados das medições de altura total das plantas, efetuadas em 10/11/72, portanto, decorrido um ano após o início do fornecimento da solução nutritiva, encontram-se no quadro I.

**QUADRO I** - Alturas da plantas (expressas em cm) (um ano de tratamento com solução nutritiva).

| Tratamentos | Bloco - 1 | Bloco - 2 | Bloco - 3 | Média dos Tratamentos |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------------------|
| 1           | 47,00     | 38,00     | 41,00     | 42,00                 |
| 2           | 41,00     | 35,00     | 41,75     | 39,25                 |
| 3           | 33,50     | 31,50     | 39,25     | 34,75                 |
| 4           | 31,50     | 29,25     | 32,50     | 31,08                 |
| 5           | 25,50     | 31,25     | 25,75     | 27,50                 |
| 6           | 28,50     | 30,25     | 25,00     | 27,92                 |
| 7           | 26,50     | 22,25     | 34,00     | 27,58                 |
| 8           | 17,25     | 18,50     | 21,50     | 19,08                 |
| 9           | 17,00     | 23,75     | 15,75     | 18,83                 |

##### 4.1.1. Análise estatística

Os resultados da análise estatística dos dados de altura, de acordo com GOMES (1963), são mostrados no quadro II.

**QUADRO II** - Resultados da análise estatística dos dados de altura.

| Causas da Variação | G. L. | Q. M.   | F        |
|--------------------|-------|---------|----------|
| Blocos             | 2     | 7,799   | 0,510    |
| Tratamentos        | 8     | 192,433 | 12,593** |
| Resíduo            | 16    | 15,281  |          |

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade.

C.V. = 13,13%

Os resultados do teste de Tukey estão no quadro III.

**QUADRO III** - Comparação entre as médias de altura das plantas pelo teste de Tukey.

| Tratamento | 1 | 2 | 3 | 4 | 6  | 7  | 5  | 8  | 9  |
|------------|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
| 1          |   | - | - | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| 2          |   |   | - | - | -  | *  | *  | ** | ** |
| 3          |   |   |   | - | -  | -  | -  | ** | ** |
| 4          |   |   |   |   | -  | -  | -  | *  | *  |
| 6          |   |   |   |   |    | -  | -  | -  | -  |
| 7          |   |   |   |   |    |    | -  | -  | -  |
| 5          |   |   |   |   |    |    |    | -  | -  |
| 8          |   |   |   |   |    |    |    |    | -  |
| 9          |   |   |   |   |    |    |    |    |    |

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade

DMS  $\Delta$  1% = 14,039.

DMS  $\Delta$  5% = 11,353.

##### 4.1.2. - Discussão dos resultados de altura das plantas

É interessante notar que existe uma tendência nítida, do aumento da dosagem de Al+++ na solução nutritiva provocar um decréscimo gradual nas alturas da plantas conforme mostra o quadro I.

Fazendo as comparações das médias pelo teste de Tukey, verificaram-se os seguintes aspectos:

A solução nutritiva completa foi responsável pelo aumento de crescimento em altura, significativo ao nível de 1 % de probabilidade.

Os resultados das médias foram:

a) Tratamento 1 (solução completa) = 42,00 cm de altura.

b) Testemunha = 18,83 cm de altura.

0 Al+ + + atuando sozinho (tratamento 8), não mostrou nenhum efeito em relação à testemunha como se pode ver nos resultados do quadro 1.

Os efeitos de doses crescentes de Al+ + + na solução nutritiva foram negativos ao crescimento das plantas. Assim os tratamentos 1, 2, 3 e 4 não diferiram entre si formando um grupo superior, significativamente ao nível de 1% , aos tratamentos 5, 6, 7 e 8. Estes últimos semelhantemente formaram um grupo de tratamentos não diferentes entre si.

O crescimento em altura foi significativamente reduzido quando em presença de teores de Al + + + acima de 1 e.mg.

#### 4.2. Medição relativa aos diâmetros das plantas

Os resultados das medições dos diâmetros à altura do colo das plantas, tomadas em 10/11/72, ou seja, decorrido um ano após o início do fornecimento da solução nutritiva, são apresentados no quadro IV.

**QUADRO IV** - Diâmetros das plantas (expressos em cm) - (um ano de tratamento com solução nutritiva).

| Tratamentos | Bloco - 1 | Bloco - 2 | Bloco - 3 | Média dos Tratamentos |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------------------|
| 1           | 1,052     | 1,208     | 1,463     | 1,241                 |
| 2           | 1,100     | 1,280     | 1,278     | 1,219                 |
| 3           | 1,005     | 1,119     | 1,206     | 1,110                 |
| 4           | 1,054     | 1,136     | 1,156     | 1,115                 |
| 5           | 0,839     | 1,149     | 0,950     | 0,979                 |
| 6           | 1,028     | 0,890     | 0,968     | 0,962                 |
| 7           | 0,702     | 0,712     | 0,844     | 0,753                 |
| 8           | 0,595     | 0,479     | 0,633     | 0,569                 |
| 9           | 0,547     | 0,654     | 0,615     | 0,605                 |

##### 4.2.1. Análise estatística

Os resultados da análise estatística dos diâmetros são mostrados no quadro V.

**QUADRO V** - Resultados da Análise estatística dos dados de diâmetros.

| Causas da Variação | G. L. | Q. M.  | F        |
|--------------------|-------|--------|----------|
| Blocos             | 2     | 0,0399 | 4,433*   |
| Tratamentos        | 8     | 0,1928 | 21,422** |
| Resíduo            | 16    | 0,0090 |          |

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade

C.V. = 10,00%

Os resultados de teste de Tukey aparecem no quadro VI.

**QUADRO VI** - Comparações entre as médias de diâmetro.

| Tratamento | 1 | 2 | 4 | 3 | 5 | 6 | 7  | 9  | 8  |
|------------|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| 1          |   | - | - | - | - | * | ** | ** | ** |
| 2          |   |   | - | - | - | - | ** | ** | ** |
| 4          |   |   |   | - | - | - | ** | ** | ** |
| 3          |   |   |   |   | - | - | ** | ** | ** |
| 5          |   |   |   |   |   | - | -  | ** | ** |
| 6          |   |   |   |   |   |   | -  | ** | ** |
| 7          |   |   |   |   |   |   |    | -  | -  |
| 9          |   |   |   |   |   |   |    |    | -  |
| 8          |   |   |   |   |   |   |    |    |    |

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade

DMS 1% = 0,342

DMS 5% = 0,277

#### 4.2.2. Discussão dos resultados de diâmetro

Foi constatada, também neste caso, que o aumento da dosagem de Al+++ na solução nutritiva tende gradualmente a restringir o crescimento em diâmetro das plantas conforme pode ser visto no quadro IV.

Analisando os resultados obtidos, pode-se constatar que o efeito da solução nutritiva e Al+++ em relação ao diâmetro foi semelhante ao verificado para a altura. Assim a influência da solução nutritiva completa sobre o aumento do diâmetro das plantas foi significativa ao nível de 1% de probabilidade, conforme pode ser visto pelas médias dos tratamentos:

a) Tratamento 1 (solução Completa) -1,241 cm.

b) Testemunha -0,605 cm.

Os tratamentos 1, 2, 3, 4 e 5 não diferiram entre si e foram superiores à testemunha com diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade.

Os efeitos positivos da solução nutritiva foram mascarados pela presença do elemento Al+++ em dosagens superiores a 2 e.mg, como aconteceu nos tratamentos 6 e 7.

O crescimento em diâmetro foi significativamente reduzido quando em presença de teores de Al+++ acima de 2 e.mg.

Verificou-se um pequeno decréscimo de diâmetro no tratamento 8 (0,569 cm), em relação à testemunha (0.605 cm), contudo nas condições do ensaio, não houve significância estatística.

## 5. RESUMO E CONCLUSÕES

Um ensaio em vaso, a pleno sol, contendo sílica, aos quais foram adicionadas soluções nutritivas completas em tratamentos com doses crescentes de alumínio, foi realizado no Departamento de Silvicultura, do Curso de Engenharia Florestal em

Piracicaba, S.P. A espécie cultivada foi o pinheiro do Paraná (***Araucaria angustifolia***) (Bert.) O. Ktze., com o objetivo de estudar o grau de tolerância dessa espécie à presença do alumínio.

Os teores de Al+++ estudados foram: 0 -0,25 -0,50 -1,00 -2,00 -3,00 e 4,00 e.mg.

Decorrido um ano após o início do fornecimento das soluções nutritivas foram coletados os resultados de crescimento relativos à altura total e ao diâmetro do colo das plantas, cujos dados foram analisados estatisticamente.

Da discussão dos resultados permite obter as seguintes conclusões:

1 - Em relação ao crescimento em altura a espécie mostrou-se tolerante a teores de até 1,00 e. mg de Al+++.

2 - O crescimento das plantas foi significativamente prejudicado quando em presença de níveis maiores ou seja de 2,00 a 4,00 e.mg de Al+++ na solução nutritiva.

3 - Relativamente ao crescimento em diâmetro as plantas mostraram tolerância maior à presença do alumínio, chegando a 2,00 e.mg de Al+++.

4 - Os teores de 3,00 e 4,00 e. mg de Al+++ na solução nutritiva restringiram significativamente o crescimento em diâmetro das plantas.

## 6. BIBLIOGRAFIA CITADA

ANDA. 1971 - «Manual de Adubação» Assoc. Nac. de Dif. De Adubos. São Paulo. 265 pp.

GENTLE, S.W. & F.R. HUMPHREYS. 1967 - «Experience with phosphatic fertilizers in the man-made forests of ***Pinus radiata*** in New south Wales». FAO - World Symposium on manmade forests and their industr. Import. Documents (3), (1755-1800).

GOMES, F. P. 1963 - «Curso de Estatística Experimental». Piracicaba. 2.<sup>a</sup> Edição. 384 pp.

HUMPHREYS, F. R. 1964 - «The nutrient status of Pine plantations in central New South Wales». APPITA, Melbourne 18(3), (111-21).

LA BASTIDE, J. C.A. & C.P. van GOOR. 1970 - «Growth/Site relationships in plantations of ***Pinus elliottii*** and ***Araucaria angustifolia*** in Brasil.» Plant & Soil 32(2), (349-66).

MALAVOLTA, E. 1959 - «Transformações do superfosfato no solo». Manual de Química Agrícola. Adubos e Adubação. Ed. Agr. «Ceres» Ltda. 487 pp. (82-85).

SIMÕES, J. W. 1972 - «Efeitos da omissão de nutrientes na alimentação mineral de pinheiro do paraná (***Araucaria angustifolia***) (Bert.) O. Ktze.) cultivado em vaso». Tese apresentada para a obtenção do título de Livre Docente do Dep. De Silvíc. da E. S. A. «Luiz de Queiroz» da U.S.P. Piracicaba.

SPELTZ, G. E. 1963 - «Desenvolvimento da ***Araucaria angustifolia*** (Bert.) O. Ktze na Fazenda Monte Alegre». Anais do I Simpósio de Reflorestamento da Região da Araucária. Curitiba. (79-83).

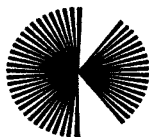
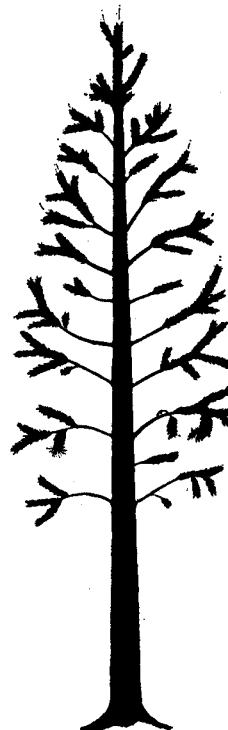


VAN GOOR, C. P. 1965 - «Reflorestamento com coníferas no Brasil. Aspectos ecológicos dos plantios na região sul, particularmente de **Pinus elliottii** e **Araucaria angustifolia**». Boletim, Setor de Inventários Florestais; Secção de Pesquisas Florestais; Divisão de Silvicultura; Departamento de Recursos Naturais Renováveis do Ministério da Agricultura. Rio de Janeiro. n.º9.

# SEMENTES SELECIONADAS!

PINUS taeda e PINUS elliottii

A BASE DE UM  
REFLORESTAMENTO,  
BEM SUCEDIDO



Departamento Florestal  
Klabin do Paraná

ENDEREÇO: Lagoa, Monte Alegre, Estado do Paraná  
Aceita-se pedidos através dos escritórios:  
Rio-Gb: Av. Rio Branco, 81 - 11º Andar Caixa Postal, 1622 - tel. 223-5870  
São Paulo: Rua Formosa, 367 - 18º Andar Caixa Postal, 524 - tel. 37-7101/239-1774  
Curitiba: Rua 15 de Novembro, 556 - 3º Andar tel. 22-5373/23-5399

## A Olinkraft faz a Festa da Cerveja a domicílio.

aguentar meia dúzia de cervejas de uma vez só.  
Como não poderia deixar de acontecer, a fama de quem  
faz uma proeza dessas começa a correr o mundo.

O "Olinkraft" também está cada dia mais famoso  
entre os fabricantes de detergente em pó, que descobriram  
que ele é a melhor embalagem para os seus produtos.

Está cada vez mais conhecido entre os fabricantes de  
caixas de papelão ondulado, pois o que o "Olinkraft"  
aguenta ninguém mais aguenta.

E agora o "Olinkraft" pede uma oportunidade na sua  
empresa, seja qual for o tipo de embalagem que você usa.  
Não negue a chance.

Afinal, quem faz Festa da Cerveja a domicílio merece toda  
a gratidão do mundo.

