

**DETERMINATION OF MOISTURE IN TOBACCO LEAVES
THROUGH THE MICROWAVE TECHNIQUE**

**DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE EM FOLHAS
DE TABACO ATRAVÉS DA TÉCNICA DE MICRO-ONDAS**

Prof. Dr. Carlos Alberto Klimeck Gouvea,

Folletto, M. A., Berretta-Hurtado, A., L.



Introdução

- A qualidade de muitos produtos é dependente do teor de umidade. Ex. sementes, folhas, papéis, fármacos, lã etc.
- A indústria do tabaco é rigorosa na faixa admitida de umidade do produto.
- Teores diferentes do especificado para umidade leva a um produto que pode ser: quebradiço, com perda de aroma, aspecto visual comprometido, sujeito a fungos e ou micro-organismos etc.



- A técnica atual de determinação de umidade é por perda de massa em estufa.
- Apresenta uma série de problemas:
- Técnica invasiva, destrutiva, gera resíduo, aleatória, lenta

- É internacionalmente aceita e são de dois tipos:
- Forno Freas -38 amostras, por 3h
- Forno Brabender – 76 amostras, por 16h



CONSEQUÊNCIA ?

A tomada de decisão para uma não conformidade pode ocorrer depois que o produto já foi despachado.



A indústria usa uma técnica alternativa para respostas rápidas para o teor de umidade durante a produção.

Chama-se Forno BRABENDER

Consiste em aquece por apenas 30 minutos as amostras em 120°C.



- Alternativas para determinação de umidade:

Karl-Fischer - aplica-se a amostras líquidas.

Técnica de infravermelho – analisa a superfície e sofre interferência da cor da amostra.

Técnica de micro-ondas – aplica-se aos sólidos, não destrutiva, *on line*, analisa 100% dos produtos e a amostra inteira.



Comparativo entre as técnicas

Parâmetro	Técnica de análise		
	Micro-ondas	Secagem em estufa	Infravermelho
Retirada de amostra	Não	Sim	Não
Análise de todo o volume	Sim	Não	Não
<i>On-line</i>	Sim	Não	Sim
Ensaio destrutivo	Não	Sim	Não
Interferência da mão de obra	Não	Sim	Não
Interferência das condições do ambiente	Não	Não	Sim



Objetivo

- Avaliar a técnica de determinação de umidade de tabaco processado através da técnica de micro-ondas em um equipamento comercial fabricado para este fim, além de avaliar os ganhos ambientais que decorrem da utilização dessa técnica.



Objetivos

- Comparar os resultados obtidos pelas técnicas de perda de massa e de ultrassom, aplicando a metodologia de análise de variância (ANOVA).
- Verificar a variabilidade de cada uma das duas técnicas de determinação de umidade
- Avaliar se, para o Forno FREAS, as variações internas em função da amostragem, manipulação, pesagem e variações de temperatura em diferentes posições das amostras no interior do forno
- e, para a técnica de micro-ondas, a repetitividade e dispersão dos resultados.
- Levantar os custos com energia para as duas técnicas, comparar esses resultados e verificar vantagens relacionadas ao seu uso.



Materiais e Métodos

- Para determinação de umidade por perda de massa é necessário moer as amostras em fragmentos de aproximadamente 3mm.
- amostras de 160g de tabaco
- acondicionadas em recipiente de aço inox de 5,5cm de diâmetro por 2,5cm de altura, com tampas perfuradas para permitir a circulação de ar, seguido de pesagem com resolução de 10^{-3} g.

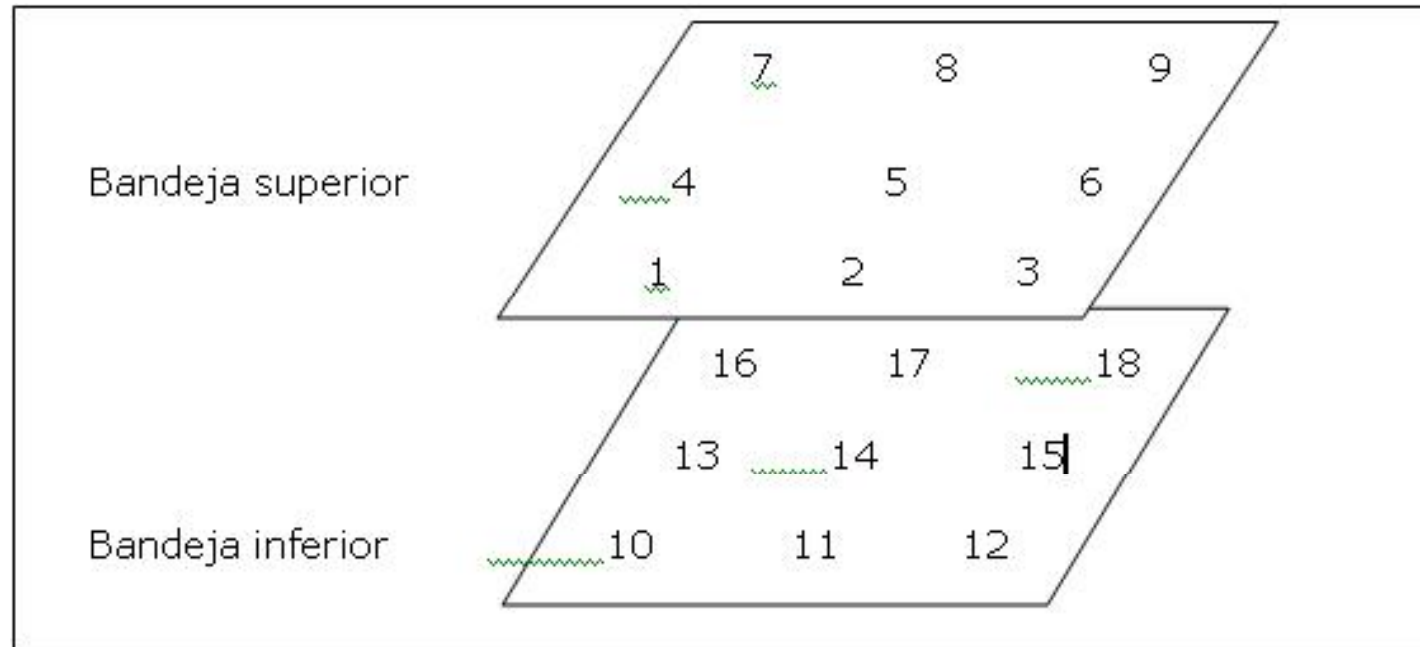
OBS. Especificações requeridas pelas indústrias do tabaco

- fornos com circulação de ar da marca Precision FREAS
- Temperatura de 100°C
- Tempo 3 horas.

$$\% \text{ de umidade} = \frac{\text{peso inicial} - \text{peso final}}{\text{peso inicial}} \times 100$$



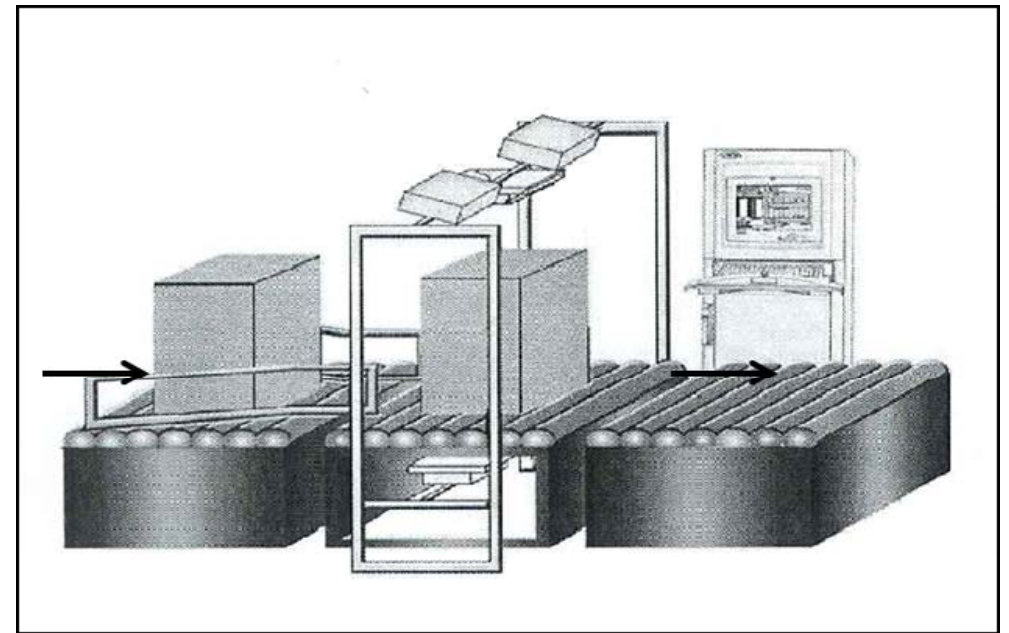
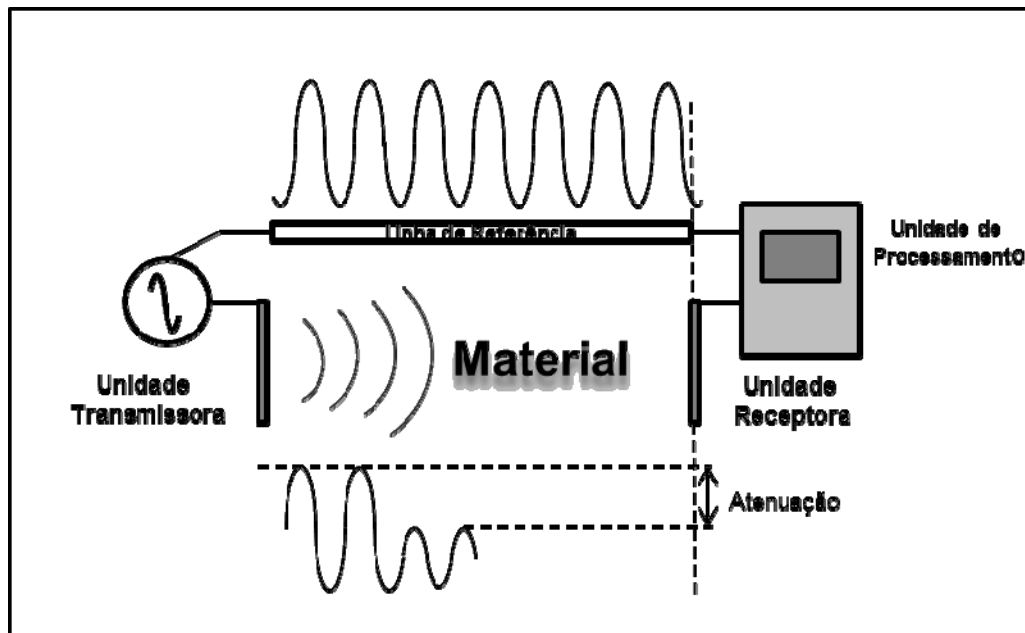
As amostras foram arrumadas no forno da seguinte forma:



4 equipamentos teve 3 ensaios.

Cada ensaio uma única amostra de tabaco,
divididas em 18 sub-amostras, num total de 72 recipientes
e, conseqüentemente, 72 resultados.

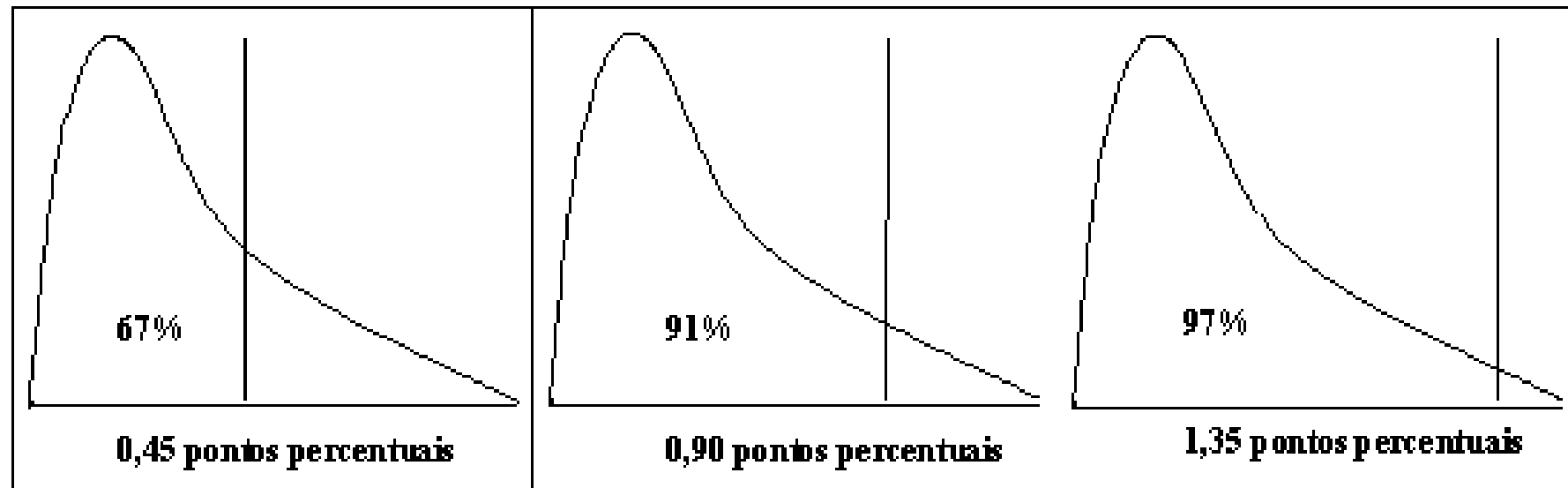
- Equipamento da marca MALCAN, com
- transmissão é inferior a 5 dB
 - potência de 1mW próximo à antena
 - frequência utilizada de 3,4 GHz





- A cada 8 caixas de tabaco foi retirada uma amostra e enviada para análise por perda de massa
- cada caixa foi analisada 5 vezes pelo micro-ondas.
- Os resultados foram tratados utilizando-se a comparação das médias, diferença entre os resultados individuais e análise de variância (ANOVA).
- Foram feitos *boxsplot* dos resultados para ambas as técnicas.

Segundo o fabricante do micro-ondas os resultados podem ser considerados válidos quando:



Resultados e discussões

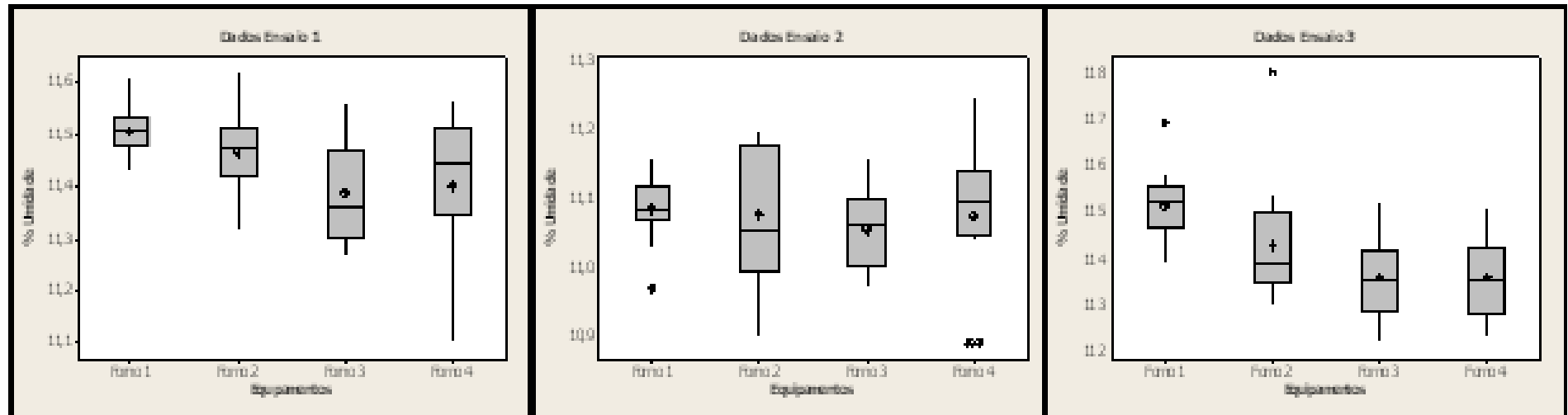
Umidade por perda de massa

Fardo amostrado	Desvio Padrão	Diferença em Pontos Percentuais (Maior valor – Menor valor)	Média Forno 1	Média Forno 2	Média Forno 3	Média Forno 4
01	0,104	0,52	11,51	11,46	11,39	11,40
02	0,076	0,36	11,09	11,08	11,06	11,08
03	0,111	0,58	11,52	11,43	11,36	11,36

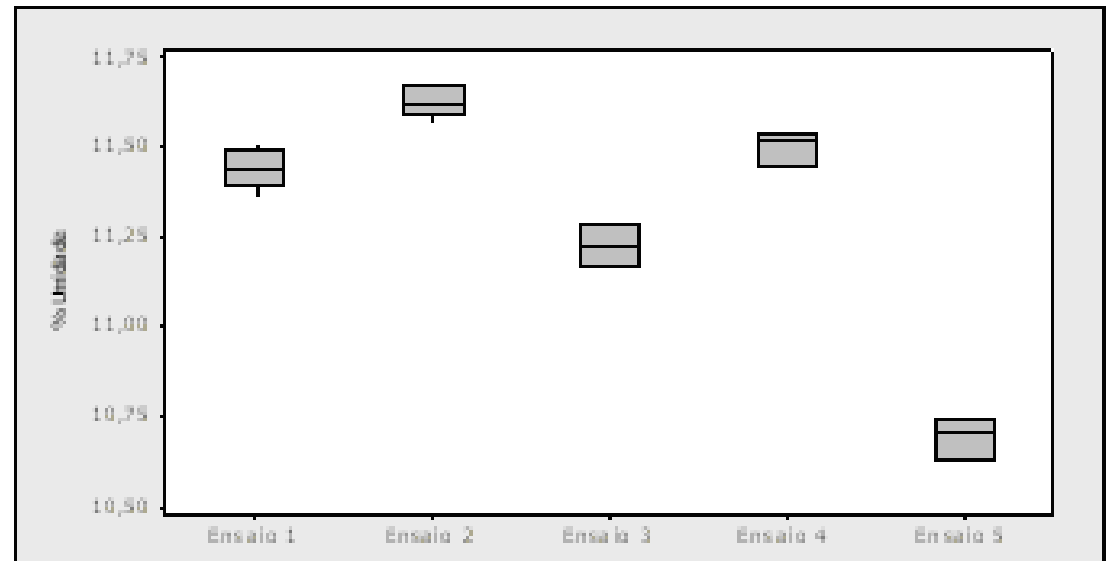
Umidade por micro-ondas

Fardo	Desvio Padrão	Diferença em Pontos Percentuais (Maior valor – Menor valor)	1ª medida	2ª medida	3ª medida	4ª medida	5ª medida
01	0,058	0,15	11,42	11,36	11,48	11,51	11,44
02	0,043	0,11	11,66	11,61	11,57	11,62	11,68
03	0,056	0,13	11,19	11,29	11,22	11,28	11,16
04	0,046	0,11	11,52	11,44	11,46	11,55	11,52
05	0,054	0,12	10,74	10,74	10,70	10,65	10,62

Boxplot da técnica perda de massa



Técnica micro-ondas



Medida	Forno Freas	Micro-ondas
Média dos teores de umidade	11,07	11,25
Desvio padrão	0,32	0,04

Critério	Percentual de atendimento ao critério (%)
diferença menor do que 0,45 pontos percentuais em no mínimo 67%	97
diferença menor do que 0,90 pontos percentuais, em no mínimo 91%	100
diferença menor do que 1,35 pontos percentuais, em no mínimo 97%	100

Estimativa de equipamentos e seus respectivos consumos

Método de determinação de umidade											
Por perda de massa						Por micro-ondas					
Tipo de equipamento requerido	Quantidade de amostra / turno	Capacidade do equipamento por turno	Número de equipamentos requerido	Consumo do equipamento (kW/h)	Consumo de energia turno (kW/8h)	Tipo de equipamento requerido	Quantidade de amostras / turno	Capacidade do equipamento por turno	Número de equipamentos requerido	Consumo do equipamento (kW/h)	Consumo de energia turno (kW/8h)
Forno Freas	130	76	2	2,5	40,0	Micro-ondas	1040	4.800	1	0,25	2,0
Forno Brabender	130	288	3	1,1	26,4	Forno Freas	44	76	1	2,5	20,0
Moinho	136 minutos	480	1	2,2	5	Moinho	44 minutos	480	1	2,2	1,7
Resultado					71,4						23,7



Conclusão

- 67% de redução do consumo de energia
- Por perda de massa – das 160g retiradas do total de 130 amostras somam 20,8kg de resíduo por turno, chegando a mais de 1.000kg por mês em períodos de grande demanda.
- Por micro-ondas 44 amostras de 160g somam 7,04kg/turno, uma redução de aproximadamente 2/3 na massa de resíduo gerado.
- A variabilidade da técnica de micro-ondas é menor do que a da técnica de perda de massa, com desvio padrão aproximadamente 80% menor.
- A análise de variância mostra que a dispersão dos resultados por MO menor.
- A economia de energia é aproximadamente 67% menor com uso da técnica micro-ondas e a redução na geração de resíduos é superior a 60%.
- Conclui-se, portanto, que a técnica de micro-ondas pode ser validada e que há ganhos econômicos e ambientais com a nova técnica.