

AVALIAÇÃO DE ESTUFAS DO TIPO CONVECÇÃO GRAVITACIONAL E MECÂNICO DE AR FORÇADO NA PRECISÃO DA DETERMINAÇÃO DO GRAU DE UMIDADE DE SEMENTES¹

MARIA ÂNGELA A. TILLMANN² e SÍLVIO MOURE CÍCERO³

RESUMO - O presente trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar a precisão de estufas do tipo convecção gravitacional e mecânico de ar forçado na determinação do grau de umidade de sementes. Foi desenvolvido um sistema automático de coleta de dados via microcomputador, que monitorou diversos sensores de temperatura distribuídos igualmente entre as prateleiras do equipamento. Foi observado o comportamento do aquecimento das estufas, com e sem material, durante o período estabelecido para determinação do grau de umidade. Para determinação do teor de água das sementes utilizou-se a capacidade máxima do equipamento identificando-se a posição de cada recipiente. A estufa do tipo mecânico de ar forçado é mais indicada para determinação do grau de umidade das sementes. Há necessidade de avaliar-se a alteração das posições das resistências elétricas nas estufas poderia contribuir para uma distribuição mais uniforme da temperatura, no interior das mesmas.

Termos para indexação: semente, grau de umidade, estufa, sensor.

COMPARISON BETWEEN CONVECTION GRAVITACIONAL AND MECANIC - AIR FORCED OVEN TYPES ON THE EFFICACY OF SEED MOISTURE CONTENT DETERMINATION

ABSTRACT - This work has the objective of comparing the convection gravitacional and mecanic - air forced oven types on the efficacy of seed moisture content determination. It was developed and automatic system for collecting the data by microcomputer, that was monitored by several temperature sensors distributed equally among the shelves of the equipment. It was also observed the behavior of the ovens heating, with and without seeds during the period established for determining seed moisture content. For determining seed moisture content it was used the maximum capacity of the equipment, identifying the position of each recipient. The oven type mecanic with forced air is the best indication for determining seed moisture content. It is necessary an evaluation of the position of electrical resistance to know if those could contribute for an uniform distribution of the temperature, inside the oven.

Index terms: seed, moisture, oven, sensor.

INTRODUÇÃO

As sementes devem ser freqüentemente submetidas à determinação do seu teor de água, no período entre a pré-colheita e a comercialização, para a obtenção de dados a serem considerados nos programas de controle de qualidade. Deve ser alcançada precisão nestas determinações, pois o teor de água é um dos fatores que influi na qualidade do produto.

Os métodos de determinação do teor de água, que empregam a estufa como equipamento, exigem o controle de variáveis para assegurar a precisão dos resultados. É essencial que

equipamentos e procedimentos padronizados sejam empregados para se obter resultados precisos (Grabe, 1989).

Os padrões estabelecidos pelas entidades certificadora e fiscalizadora do Estado de São Paulo, determinam limites para a porcentagem de água para cada espécie; valores superiores não são tolerados, podendo ser a semente recusada para uso como insumo. Entretanto, podem ocorrer variações no grau de umidade das sementes, obtido pelo método da estufa, em função da posição das amostras no interior do equipamento.

De acordo com as Regras para Análise de Sementes - RAS (Brasil, 1992), regras da "International Seed Testing Association" (ISTA, 1996) e padrões da "American Association of Cereal Chemists" (ASAE, 1992), as estufas utilizadas na determinação do grau de umidade de sementes podem ser dos tipos convecção gravitacional ou mecânico de ar forçado. Estas entidades são unânimes em afirmar que é extremamente importante para a determinação do grau de umidade a uniformidade de temperatura no interior destas estufas.

¹ Aceito para publicação em 17/07/98.

² Depto. de Fitotecnia - FAEM/UFPEL, Cx. Postal 354, 976010-970, Pelotas-RS.

³ Depto. de Agricultura - ESALQ/USP, Cx. Postal 9, 13418-900, Piracicaba-SP.

Cada estufa deve ser avaliada quanto à estabilidade de temperatura, uniformidade de aquecimento, ventilação, taxa de fluxo de ar, tempo de recuperação da temperatura após a inserção das amostras e exatidão do termômetro (Hunt & Pixton, 1974). Henderson (1991) citou, como fontes de variação na determinação de umidade em sementes de cereais e oleaginosas pelos métodos de secagem em estufa, os gradientes de temperatura e o tempo de recuperação da temperatura original, após a abertura da porta para colocação das amostras. Grabe (1989), recomendou que cada estufa fosse avaliada quanto à uniformidade de aquecimento entre prateleiras e à localização nas prateleiras.

De acordo com as regras nacionais e internacionais, a capacidade de aquecimento deve ser tal que pré-aquecida à temperatura requerida, seguida de abertura para colocar os recipientes, a estufa deve retornar à temperatura exigida dentro de aproximadamente 15 minutos.

Segundo Hunt & Pixton (1974) e ASAE (1992), as estufas devem operar por várias horas antes da operação de secagem para assegurar uniformidade de aquecimento e maior estabilidade da temperatura. Uma outra característica importante da estufa a ser utilizada é que a temperatura efetivamente conseguida não apresente uma variação maior do que $\pm 1^{\circ}\text{C}$ em relação à desejada (Hunt & Pixton, 1974 e Grabe, 1987), embora as RAS admitam uma variação de $\pm 3^{\circ}\text{C}$ para o método da estufa a 105°C , $\pm 2^{\circ}\text{C}$ para o método da estufa à baixa temperatura 103°C e indiquem para o método da estufa à alta temperatura que a mesma deve ser mantida em $130\text{-}133^{\circ}\text{C}$ (ISTA, 1996, e Brasil, 1992).

De acordo com Sasseron (1978) e Puzzi (1986), pequeno aumento na temperatura ou pequena diferença no tempo de secagem na estufa, podem registrar variações de 1 a 2% no grau de umidade das sementes.

Variações nos resultados do teor de água por métodos da estufa podem ser esperados, de acordo com o local onde os recipientes são colocados. Isto é provavelmente devido às variações de temperatura. Muitos pesquisadores estão atentos para este efeito e, para evitar esta falsa diferença entre as amostras, utilizam uma área limitada da estufa (Oxley & Pixton, 1961).

Alguns trabalhos de pesquisa foram conduzidos para estimar variação na determinação do teor de água de amostra de sementes mas, em nenhum caso foi determinada a temperatura em pontos internos à estufa para avaliar a uniformidade de distribuição do calor.

Baseado nestas considerações, o presente trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar a precisão de estufas do tipo convecção gravitacional e mecânico de ar forçado na determinação do grau de umidade de sementes.

MATERIALE MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Instrumentação do Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo em Piracicaba-SP (ESALQ/USP).

Foi desenvolvido um sistema automático de coleta de dados via microcomputador, que monitorou diversos sensores de temperatura distribuídos no interior da estufa. Foram utilizados um microcomputador, um conversor analógico/digital e uma impressora matricial.

Com um programa elaborado em linguagem Basic, o microcomputador realizava a leitura de todos os 18 sensores, que foram distribuídos igualmente entre as prateleiras da estufa e dispostos dois a dois na posição posterior, central e anterior.

Estufa elétrica do tipo convecção gravitacional - foi utilizada uma estufa elétrica marca FANEM modelo 315/2 munida de controle termostático, com resistências elétricas de aquecimento localizadas na base e nas laterais, e equipada com três prateleiras.

Para a determinação do grau de umidade das sementes de milho (*Zea mays* L.), utilizaram-se 60 recipientes distribuídos igualmente nas prateleiras identificando-se cada um na posição posterior, central 1, central 2 e anterior. Após o período de 24 horas à temperatura de 105°C avaliou-se o grau de umidade das sementes de acordo com as Regras para Análise de Sementes - RAS (Brasil, 1992).

O comportamento do aquecimento da estufa com e sem material foi observado por 24 horas; durante este período, foram realizadas leituras das temperaturas dos sensores em 18 períodos previamente estabelecidos, utilizando-se a média de três repetições.

Estufa elétrica do tipo mecânico de ar forçado - para esta determinação utilizaram-se sementes de cebola (*Allium cepa* L.), pelo fato desta espécie não exigir moagem das sementes.

Foi utilizada uma estufa elétrica marca LABLINE INSTRUMENTS, munida de controle termostático, com as resistências elétricas de aquecimento localizadas na base, nas laterais e na parte superior, e equipada com duas prateleiras.

Para a determinação do grau de umidade das sementes, utilizaram-se 32 recipientes distribuídos igualmente nas prateleiras, identificando-se a posição de cada um. Após o período de 17 horas à temperatura de 103°C , avaliou-se o grau de umidade das sementes de acordo com as RAS (Brasil, 1992).

Observou-se o comportamento do aquecimento da estufa com e sem material por 17 horas, durante este período foram

realizadas leituras das temperaturas dos sensores em 12 períodos previamente estabelecidos, utilizando-se a média de três repetições.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estufa do tipo convecção gravitacional

As temperaturas médias acusadas pelos sensores localizados nas diferentes prateleiras da estufa estão apresentadas na Tabela 1, bem como os valores médios de temperatura da estufa e as temperaturas indicadas pelo termômetro.

Observou-se que após três horas a temperatura média da estufa estava em 100,7°C; logo, ainda não havia retornado à temperatura de $105 \pm 3^\circ\text{C}$. Segundo as RAS (Brasil, 1992) e a ISTA (1996), a capacidade de aquecimento da estufa deve ser tal que pré-aquecida à temperatura requerida, seguida de abertura para colocar os recipientes, ela retorne à temperatura exigida dentro de aproximadamente 15 minutos. Os sensores localizados na prateleira inferior nunca acusaram a temperatura de $105 \pm 3^\circ\text{C}$ recomendada pelas RAS. Verificou-se também que as temperaturas indicadas no termômetro da estufa foram menores que as médias de temperaturas acusadas pelos sensores.

TABELA 1. Temperaturas médias acusadas pelos sensores localizados nas prateleiras da estufa do tipo convecção gravitacional, no decorrer do período de 24 horas.

Tempo (horas)	Temperaturas sensores nas prateleiras ($^\circ\text{C}$)				Temperatura Termômetro ($^\circ\text{C}$)
	Superior	Média	Inferior	Médias	
0,25	76,5b	75,8c	82,7a	78,3	76,0
0,50	83,3c	84,2b	87,6a	85,0	79,0
1,00	91,6b	92,2ab	92,7a	92,1	86,0
2,00	98,9a	98,6a	96,4b	98,0	93,0
3,00	102,3a	101,6b	98,2c	100,7	96,0
5,00	105,4a	103,7b	99,0c	102,6	99,0
6,00	104,6a	103,2b	98,3c	102,1	99,0
7,00	104,7a	103,2b	98,2c	102,0	99,0
8,00	104,8a	103,3b	98,2c	102,1	99,0
9,00	104,3a	102,8b	97,8c	101,6	99,0
10,00	105,1a	103,7b	98,4c	102,4	99,0
11,00	105,6a	104,3b	98,9c	102,9	100,0
12,00	105,7a	104,5b	99,0c	103,1	100,0
13,00	105,9a	104,5b	99,0c	103,1	100,0
14,00	107,0a	105,5b	99,9c	104,1	101,0
15,00	106,8a	105,4b	99,9c	104,1	102,0
22,00	108,2a	106,8b	101,3c	105,4	101,0
24,00	107,6a	106,1b	100,6c	104,8	102,0
CV (%)	1,1				

Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si a 5%.

Ainda com relação a esta Tabela, observou-se que ocorreram diferenças significativas nas temperaturas das prateleiras durante todo o período de 24 horas. No decorrer da primeira hora, a temperatura registrada na prateleira inferior foi mais alta que as demais, com exceção do tempo de uma hora em que foi estatisticamente semelhante à da média. A partir desse período a leitura da temperatura da prateleira superior foi maior do que aquela obtida na prateleira média e esta apresentou valores mais altos que a inferior, excluindo-se o tempo de duas horas em que a temperatura da prateleira superior não diferiu da média. Este fato provavelmente ocorreu, em função do processo de transmissão de calor, de baixo para cima, efetuado neste tipo de estufa. As diferenças de leituras de temperaturas entre as prateleiras foram de 1,1°C a 7,1°C em todo o período observado. Embora tenham ocorrido estas diferenças de temperaturas na estufa, os graus de umidade das sementes obtidos nas diferentes prateleiras (Tabela 2), apesar de diferirem estatisticamente, ficaram dentro do padrão permitido pelas RAS (Brasil, 1992).

De acordo com as RAS, a diferença entre os resultados de duas determinações não devem exceder de 0,5% e se esta diferença for maior a determinação deverá ser repetida com outras duas subamostras de trabalho, novamente coletadas para esse fim.

De modo similar, Angelini (s/d) estudando a influência da posição das amostras de sementes de feijão sobre o grau de umidade detectado em laboratório em uma estufa FANEM modelo 306/2, observou que as amostras localizadas nas prateleiras

TABELA 2. Dados médios obtidos na determinação do grau de umidade das sementes submetidas à estufa do tipo convecção gravitacional, para cada prateleira da estufa e posição dentro da prateleira.

Prateleira	Grau de umidade (%)	Posição dentro da prateleira	Grau de umidade (%)
Superior	10,4 c	Posterior	10,7a
		Central 1	10,5 b
		Central 2	10,3 c
		Anterior	10,0 d
Média	10,8a	Posterior	11,0a
		Central 1	10,9ab
		Central 2	10,7 b
		Anterior	10,4 c
Inferior	10,7 b	Posterior	10,9a
		Central 1	10,7ab
		Central 2	10,6 b
		Anterior	10,4 c
CV (%)	0,8		

Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si a 5%.

ras superior e inferior apresentaram um teor de água semelhante entre si, mas significativamente inferior ao apresentado pelas que ficaram na prateleira do meio. O autor justificou o resultado pela possível menor temperatura que $105 \pm 3^\circ\text{C}$ nessas prateleiras. Da mesma forma, Benedini Jr. et al. (1984) utilizando uma estufa FANEM do tipo convecção gravitacional, constataram que a amostra de soja coletada na prateleira superior apresentou menor grau de umidade do que as situadas nas prateleiras intermediária e inferior, não havendo entretanto, diferenças significativas entre elas.

Os dados da Tabela 2 mostraram que existe diferença significativa no grau de umidade das sementes localizadas na posição posterior, central e anterior da prateleira da estufa. O teor de água das sementes localizadas na posição posterior, tanto na prateleira superior, média e inferior foi significativamente mais alto que as localizadas na posição anterior. Essas diferenças foram de 0,7% para a prateleira superior, 0,6% para a do meio e de 0,5% para a inferior. Os valores de 0,7% e 0,6% estão fora da tolerância permitida. Resultados similares foram obtidos por Benedini Jr. et al. (1984), os quais constataram em uma estufa FANEM também de convecção gravitacional, que o equipamento acusou um decréscimo no grau de umidade das sementes da posição posterior para a anterior da prateleira.

Na Tabela 3 estão apresentadas às temperaturas médias acusadas pelos sensores localizados em três posições nas prateleiras da estufa. Examinando-se a referida Tabela, verificou-se que durante todo o período de exposição das sementes a temperatura diferiu significativamente da posição posterior para a anterior, em todas as prateleiras. As temperaturas da posição posterior foram significativamente maiores que as da anterior, alcançando diferenças de até $18,0^\circ\text{C}$, $9,3^\circ\text{C}$ e $12,0^\circ\text{C}$ nas prateleiras superior, média e inferior, respectivamente, no tempo de 15 minutos. As RAS admitem uma variação de $\pm 3^\circ\text{C}$, embora alguns autores como Hunt & Pixton (1974) e Grabe (1987) citem que a estufa deva ser capaz de manter a temperatura requerida dentro de $\pm 1^\circ\text{C}$. Esse decréscimo de temperatura, da posição posterior para a anterior, observado nas três prateleiras, durante todo o período de 24 horas, proporcionou uma estimativa de grau de umidade das sementes mais alta da posição posterior para a anterior e fora da tolerância permitida pelas RAS, conforme foi apresentada na Tabela 2.

Os resultados obtidos com a estufa sem material não serão apresentados, devido ao comportamento similar ao da estufa com material.

Estes resultados confirmam que a desuniformidade de temperatura entre e dentro das prateleiras da estufa é por causa do equipamento. De acordo com as RAS (Brasil, 1992), ISTA (1996) e ASAE (1992) a estufa utilizada na determinação do grau de umidade das sementes deve ser capaz de manter uma temperatura uniformemente distribuída em seu interior e temperatura específica ao nível da prateleira.

TABELA 3. Temperaturas médias acusadas pelos sensores localizados em três posições nas prateleiras da estufa de convecção gravitacional, no decorrer do período de 24 horas.

Tempo (horas)	Prateleira	Temperatura dos sensores ($^\circ\text{C}$)		
		Posição dentro da prateleira		
		Posterior	Central	Anterior
0,25	Superior	86,6a	74,4b	68,6c
	Média	82,1a	72,7b	72,8b
	Inferior	89,8a	81,0b	77,5c
0,50	Superior	92,5a	81,9b	75,5c
	Média	89,3a	82,6b	80,6c
	Inferior	93,6a	86,2b	83,0c
1,00	Superior	99,2a	91,1b	84,4c
	Média	95,9a	91,8b	88,8c
	Inferior	97,8a	91,5b	88,7c
2,00	Superior	105,4a	99,1b	92,1c
	Média	101,4a	98,8b	95,6c
	Inferior	101,1a	95,4b	92,8c
3,00	Superior	108,3a	102,9b	95,8c
	Média	103,8a	102,3b	98,8c
	Inferior	102,8a	97,0b	94,7c
5,00	Superior	110,5a	105,7b	98,8c
	Média	104,9a	104,8a	101,4b
	Inferior	103,4a	97,7b	95,9c
6,00	Superior	109,9a	105,5b	98,6c
	Média	104,3a	104,3a	101,1b
	Inferior	102,7a	97,0b	95,4c
7,00	Superior	109,8a	105,6b	98,7c
	Média	104,4a	104,1a	101,1b
	Inferior	102,3a	97,0b	95,2c
8,00	Superior	110,0a	105,7b	98,7c
	Média	104,5a	104,4a	101,1b
	Inferior	102,4a	97,0b	95,3c
9,00	Superior	109,3a	105,3b	98,5c
	Média	103,8a	103,7a	100,8b
	Inferior	101,8a	96,6b	94,9c
10,00	Superior	110,4a	106,0b	99,0c
	Média	104,6a	104,6a	101,8b
	Inferior	102,7a	97,1b	95,5c
11,00	Superior	110,7a	106,4b	99,7a
	Média	105,3a	105,2a	102,4b
	Inferior	103,1a	97,7b	96,0c
12,00	Superior	111,0a	106,5b	99,7c
	Média	105,5a	105,5a	102,4b
	Inferior	103,1a	97,5b	96,3c
13,00	Superior	111,0a	106,8b	99,8c
	Média	105,5a	105,5a	102,4b
	Inferior	103,1a	97,7b	96,1c
14,00	Superior	112,6a	107,8b	100,6c
	Média	106,9a	106,4a	103,2b
	Inferior	104,1a	98,7b	97,0c
15,00	Superior	111,7a	107,8b	101,0c
	Média	106,2a	106,4a	103,6b
	Inferior	103,8a	98,8b	97,2c
22,00	Superior	113,0a	109,2b	102,6c
	Média	108,7a	107,2b	104,3c
	Inferior	105,1a	100,5b	98,2c
24,00	Superior	112,6a	108,6b	101,7c
	Média	107,3a	106,9a	104,3b
	Inferior	104,4a	99,6b	97,8c
CV (%)		0,4		

Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si a 5%.

As informações obtidas neste estudo, de uma maneira abrangente, permitiram verificar que a estufa do tipo convecção gravitacional é menos adequada para determinar o grau de umidade das sementes.

Estufa do tipo mecânico de ar forçado

As temperaturas médias acusadas pelos sensores localizados nas diferentes prateleiras da estufa estão apresentadas na Tabela 4, bem como os valores médios de temperatura da estufa e as temperaturas indicadas pelo termômetro.

Observou-se que em 15 minutos a temperatura da estufa já havia retornado à temperatura de $103 \pm 2^\circ\text{C}$, estando de acordo com as RAS. Este comportamento não foi verificado na estufa A, do tipo convecção gravitacional, concordando com as informações de Hunt & Neustadt (1966) que também observaram que estufas com ar forçado recuperam sua temperatura inicial mais rapidamente que estufas de convecção gravitacional. Hunt & Pixton (1974) afirmaram que as estufas de ar forçado são preferidas para determinação do grau de umidade. Segundo recomendações das RAS (Brasil, 1992) e da ISTA (1996) no método da estufa à baixa temperatura, deve-se manter a temperatura em $103 \pm 2^\circ\text{C}$; logo, a estufa esteve dentro da temperatura indicada durante o período de 17 horas, tanto para a prateleira superior como para a inferior, com exceção dos períodos de 30 minutos e uma hora. Observou-se, também, que as temperaturas indicadas pelo termômetro da estufa foram semelhantes às médias de temperaturas acusadas pelos sensores.

TABELA 4. Temperaturas médias acusadas pelos sensores localizados nas prateleiras da estufa do tipo mecânico de ar forçado, no decorrer do período de 17 horas.

Tempo (horas)	Temperatura sensores nas prateleiras		Médias	Temperatura termômetro ($^\circ\text{C}$)
	Superior	Inferior		
0,25	103,0a	102,2a	102,6	102,0
0,50	106,7a	105,6b	106,2	106,0
0,75	103,2a	102,1b	102,6	103,0
1,00	105,4a	104,7a	105,0	105,0
2,00	103,5a	102,8a	103,2	103,0
3,00	103,7a	103,3a	103,5	103,0
5,00	103,4a	102,6a	103,0	103,0
9,00	104,0a	103,2a	103,6	103,0
11,00	103,2a	102,3b	102,8	103,0
13,00	102,5a	101,6b	102,1	103,0
15,00	101,4a	100,3b	100,8	102,0
17,00	103,5a	102,6b	103,1	103,0
CV (%)	0,8			

Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si a 5%.

O exame da tabela permitiu verificar que em determinados períodos de exposição ocorreram diferenças significativas entre as prateleiras superior e a inferior da estufa, embora a temperatura da superior não tenha sido mais alta em $1,1^\circ\text{C}$ que a da inferior, durante todo o período de 17 horas. Este fato provavelmente ocorreu em função do processo de transmissão de calor efetuado neste tipo de estufa. Essa pequena diferença de temperatura entre as prateleiras não interferiu no grau de umidade das sementes, que não diferiu estatisticamente e ficou dentro do padrão permitido pelas RAS (Tabela 5).

Os dados apresentados nesta Tabela mostraram, também, que não existiu diferença significativa na estimativa do grau de umidade das sementes localizadas na posição posterior, central e anterior da estufa em ambas as prateleiras. Esses resultados concordaram com os obtidos por Matthews (1962), que estudando o efeito da posição da amostra de sementes de trigo dentro de uma estufa com circulação de ar, utilizando dois níveis de umidade (12% e 28%), encontrou uma variação na porcentagem de água da posição posterior para a anterior da prateleira de 0,1% e de 0,2-0,3% pelo uso de diferentes prateleiras na estufa. Outros trabalhos com resultados similares foram obtidos por Warner & Browne (1963) que encontraram uma variação de até 0,3% dentro e entre prateleiras e por Hunt & Neustadt (1966), que obtiveram uma variação de 0,1% no grau de umidade devido à posição das amostras nas diferentes prateleiras da estufa com ar forçado.

Na Tabela 6 estão apresentadas as temperaturas médias acusadas pelos sensores localizados em três posições nas prateleiras da estufa. Como se observou, durante todo o período de exposição das sementes na estufa a leitura da temperatura da prateleira inferior não diferiu estatisticamente da posição poste-

TABELA 5. Dados médios obtidos na determinação do grau de umidade das sementes submetidas à estufa do tipo mecânico de ar forçado, para cada prateleira da estufa e posição dentro da prateleira.

Prateleira	Grau de umidade (%)	Posição dentro da prateleira	Grau de umidade (%)
Superior	6,8a	Posterior	6,9a
		Central 1	6,8a
		Central 2	6,8a
		Anterior	6,8a
Inferior	6,9a	Posterior	6,8a
		Central 1	6,9a
		Central 2	7,0a
		Anterior	7,0a
CV (%)	2,4		

Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si a 5%.

TABELA 6. Temperaturas médias acusadas pelos sensores localizados em três posições nas prateleiras da estufa do tipo mecânico de ar forçado, no decorrer do período de 17 horas.

Tempo (horas)	Prateleira	Temperatura dos sensores (°C)		
		Posição dentro da prateleira		
		Posterior	Central	Anterior
0,25	Superior	103,5a	104,3a	101,2b
	Inferior	102,0a	102,8a	101,8a
0,50	Superior	107,0a	108,0a	105,0b
	Inferior	105,5a	106,3a	105,1a
0,75	Superior	103,6a	104,2a	101,7b
	Inferior	101,3a	102,4a	102,5a
1,00	Superior	105,7a	106,5b	103,9b
	Inferior	104,4a	104,9a	104,8a
2,00	Superior	104,0a	104,5a	102,1b
	Inferior	102,2a	103,1a	103,1a
3,00	Superior	104,2a	104,5a	102,5b
	Inferior	103,8a	103,2a	103,0a
5,00	Superior	103,7ab	104,0a	102,4b
	Inferior	102,4a	102,5a	103,0a
9,00	Superior	104,2ab	104,9a	102,9b
	Inferior	103,1a	103,2a	103,4a
11,00	Superior	103,6a	104,2a	101,9b
	Inferior	101,9a	102,5a	102,5a
13,00	Superior	102,7ab	103,5a	101,3b
	Inferior	101,2a	101,8a	102,0a
15,00	Superior	101,8a	102,3a	100,0b
	Inferior	99,4a	100,5a	100,9a
17,00	Superior	104,1a	104,7a	101,9b
	Média	101,9a	103,2a	102,7a
CV (%)		0,7		

Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si a 5%.

rior para a anterior. Na prateleira superior a temperatura registrada na posição anterior da estufa foi menor que a localizada na posição central e posterior; porém essa diferença não ultrapassou 3,1°C durante todo o período de 17 horas, não interferindo no grau de umidade das sementes da posição posterior para a anterior em ambas as prateleiras, ficando dentro da tolerância permitida (Tabela 5).

Os resultados obtidos com a estufa sem material estão em consonância com os resultados alcançados na estufa com material, por isso não serão apresentados.

As informações obtidas com as estufas com e sem material, de uma maneira abrangente, permitiram verificar que o comportamento delas é similar com relação à distribuição de temperatura, e que a estufa do tipo mecânico de ar forçado é mais adequada para determinar o grau de umidade das sementes, por estar de acordo com as recomendações de Hunt & Pixton (1974);

ISTA (1996); ASAE (1992); Grabe (1987) e RAS (Brasil, 1992). Porém, segundo as RAS (Brasil, 1992) a estufa do tipo mecânico de ar forçado não é adequada para o método 105°C, com sementes inteiras.

Pelos resultados obtidos nesta pesquisa, foi constatado que o método utilizado no monitoramento da temperatura permitiu a obtenção de um grande número de dados de forma precisa e eficaz, conforme pode ser observado pelos baixos valores do coeficiente de variação (CV) encontrados na análise.

CONCLUSÕES

- A estufa do tipo mecânico de ar forçado é mais indicada para determinação do grau de umidade das sementes;

- há necessidade de avaliar se a alteração das posições das resistências elétricas nas estufas poderia contribuir para uma distribuição mais uniforme de temperatura, no interior das mesmas.

REFERÊNCIAS

- ANGELINI, A.C. **Influência da posição da amostra de sementes de feijão na estufa sobre o teor de umidade determinado em laboratório**. Campinas: CATI, s.d. 4p.
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. Moisture measurement unground grain and seeds. In: _____. **ASAE standards 1992; standards, engineering practices and data**. 39. ed., St. Joseph, 1992. p.404. (ASAE Standard: ASAE, S 352.2).
- BENEDINI JUNIOR, N. **Variação do teor de umidade de amostras de soja pelo método de estufa**. Jaboticabal: UNESP/Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, 1984. 25p. (Trab. Graduação).
- BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365p.
- GRABE, D.F. Report of the seed moisture committee 1983-1986. **Seed Science and Technology**, Zürich. v.15, n.2, p.451-462. 1987.
- GRABE, D.F. **Measurement of seed moisture**. In: STANWOOD, P.C. & McDONALD, MB. Seed moisture. Madison: CSSA, 1989. p.69-92.
- HENDERSON, S. Sources of variation in the determination of moisture content of cereal grains and oilseeds by oven drying methods. **Postharvest News and Information**, Wallingford. v.2, n.5, p.335-339. 1991.
- HUNT, W.H. & NEUSTADT, M.H. Factors affecting the precision of moisture measurement in grain and related crops. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, Washington. v.49, n.4, p.757-63. 1966.

- HUNT, W.H. & PIXTON, S.W. Moisture, its significance, behavior, and measurement. In: CHRISTENSEN, C.M. (ed.) Storage of cereal grains and their products. **American Association of Cereal Chemists**, St. Paul. p.1-55. 1974.
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. International rules for testing seeds. **Seed Science and Technology**, Zürich. v.16, n.1, p.113-115. 1996.
- MATTHEWS, J. The accuracy of measurement of known changes in moisture content of cereals by typical oven methods. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London. v.7, p.185-91. 1962.
- OXLEY, T.A. & PIXTON, S.W. Sources of variations in moisture content results by oven methods. I. Observed day to day variations. **Milling**, London. v.137, p.218-219. 1961.
- PUZZI, D. **Abastecimento e armazenamento de grãos**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1986. 603p.
- SASSERON, J.L. **Umidade e temperatura dos grãos armazenados**. Viçosa: Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem, 1978. 80p.
- WARNER, M.G.R. & BROWNE, D.A. Investigations into oven methods of moisture content measurement for grain. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London. v.8, n.4, p.289-305. 1963.