

ARMAZENAMENTO E PROCESSAMENTO DE PRODUTOS AGRÍCOLAS

ESTUDO DA ORIENTAÇÃO DE LARANJAS IMERSAS EM ÁGUA

Maria Elita Duarte Braga¹ e Carlos Alberto Gasparetto²

RESUMO

À medida que o custo de métodos tradicionais de transporte mecânico ou manual aumenta, existe a possibilidade de que o transporte hidráulico de laranjas em canais, como já é empregado em algumas indústrias nacionais, se torne economicamente atrativo. O transporte hidráulico de frutas é particularmente vantajoso, considerando-se que a água é relativamente barata e existe ainda a possibilidade de se unir outras áreas do processamento ao transporte. Isto leva a que se analise o comportamento do fruto imerso n'água para correlacionar a sua orientação com os parâmetros densidade, esfericidade e aspecto físico; para isto, laranjas foram devidamente caracterizadas e imersas em água e seu comportamento devidamente observado. Para as diversas orientações obtidas fez-se um relato do estado em que se encontrava o fruto internamente quanto ao aspecto físico. Verificou-se que 97% dos frutos que apresentavam uma mesma orientação tinham bom aspecto físico, ou seja, boas condições de consumo, do restante das frutas que apresentaram orientação diferente da esperada, 81% tinham algum tipo de dano interno, 11% continham menos água que a média das laranjas testadas e 8% apresentavam forma significativamente diferente, ou seja, tinham grau de esfericidade fora da média das frutas testadas.

Palavras-chave: transporte hidráulico, laranjas, orientação, seleção

INVESTIGATION ON THE ORIENTATION OF ORANGES IMMERSED IN WATER

ABSTRACT

As the cost of traditional methods of mechanical or manual transport increases, the possibility of hydraulic transport of oranges in channels, as already used by some national industries, becomes economically attractive. The hydraulic transport of fruit is particularly advantageous considering that water is relatively cheap and that the possibility exists to join other work areas from processing to transport. This leads to an analysis of the behavior of fruit immersed in water to correlate their orientation with the following parameters: specific gravity, sphericity and physical aspect. For this purpose, oranges were properly characterized, immersed in water and their behavior was properly observed. For the several orientations obtained, a report was made about the inner condition of the fruit as to its physical aspect. It was noted that 97% of the fruit, which had the same orientation, had a good physical aspect, i.e., were suitable for consumption. The rest of fruit showed a different orientation from expected, 81% had some type of inner damage, 11% had less mean water content than the average of oranges tested, and 8% had a significantly different shape, i.e., they had a degree of sphericity different than the average of fruit tested.

Key words: hydraulic transport, oranges, orientation, selection

¹ Professora, Pesquisadora, DEAg/UFPB. Av. Aprígio Veloso, 882. CEP 58.109-970–Campina Grande PB. E-mail: elli@cgnnet.com.br.

² Professor, Pesquisador, FEA-UNICAMP. 13081-970- Campinas, SP. e-mail: gasparetto@ceres.dea.unicamp.br.

INTRODUÇÃO

À medida que o custo de métodos tradicionais de transporte mecânico ou manual aumenta, existe a possibilidade de que o transporte hidráulico de laranjas em canais, como já é empregado em algumas indústrias nacionais, se torne economicamente atrativo.

Em certos casos, o transporte hidráulico de frutas é particularmente vantajoso quando a água é relativamente barata e existe ainda a possibilidade de unir outras áreas do processamento ao transporte da fruta (Matthews *et alii*, 1965). São exemplos as etapas de lavagem e seleção de frutos, as quais podem ser incorporadas com eficiência, durante o transporte hidráulico em canal aberto.

Devido aos frutos sadios de laranja possuírem uma densidade menor que a da água, a seleção de frutos pode ser facilitada levando-se em consideração o comportamento de frutos estragados imersos em água. Sob outro aspecto, o transporte por água apresenta vantagem adicional aos demais tipos de transporte de partículas sólidas, uma vez que a água funciona como meio amortecedor dos danos mecânicos geralmente causados em materiais biológicos durante o transporte; sendo assim, os danos causados no transporte, desde a colheita do fruto até o terminal de processamento ou embalagem, podem ser parcial ou totalmente minimizados quando transportados hidraulicamente (Mohsenin, 1978). Somase, ainda, o fato de que o canal é de fácil instalação e operação e apresenta maior possibilidade de controle automático existindo, também, a possibilidade do canal ser convenientemente inclinado, transpondo obstáculos em direções convenientes (Matthews *et alii*, 1965).

A análise do comportamento individual de uma partícula sólida num meio fluido tem contribuído com valiosas informações. São numerosas as pesquisas relacionadas ao comportamento de partículas sólidas em meios fluidos, em que se estudam o efeito do tamanho da partícula, a geometria envolvida, a rotação da partícula, o efeito de população etc. (McKay & Dabbaghzadeh, 1987); no entanto, todos os trabalhos, ou sua grande maioria, tratam de partículas minúsculas quando comparadas com frutas, tal como a laranja.

Nas indústrias nacionais de suco de laranja o transporte é feito geralmente por esteira mecânica e, simultaneamente a este, é feita a seleção manual das frutas. O fato do aspecto visual ser o principal parâmetro utilizado para seleção de laranjas foi o que motivou o desenvolvimento de uma pesquisa que ressaltasse este aspecto durante o transporte hidráulico em canal.

Por outro lado, é do conhecimento de todos o sabor deixado por uma única laranja estragada no suco. Não se tem um dado exato da relação entre a quantidade de laranjas sadias que seriam necessárias para anular o mau sabor deixado por uma única laranja estragada, mas se acredita que seja um número consideravelmente grande. O objetivo desta pesquisa foi analisar o comportamento da laranja imersa na água e correlacionar a sua orientação com densidade, esfericidade e aspecto físico da fruta, para possível utilização como parâmetros de seleção durante o seu transporte hidráulico.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Medidas Físicas do Departamento de Engenharia de Alimentos da UNICAMP. Para esta pesquisa foram utilizadas 65 laranjas variedade valência, as quais foram previamente escolhidas para compor duas categorias: laranjas sadias e laranjas estragadas. As frutas foram caracterizadas fisicamente pelos parâmetros de esfericidade, volume, densidade, orientação (ângulo de repouso) e aspecto físico.

Esfericidade

As medidas de esfericidade foram tomadas pelo método descrito por Curray, citado por Mohsenin (1984):

$$\phi = d_e/d_c \quad (1)$$

em que,

ϕ = esfericidade

d_e = diâmetro da esfera de mesmo volume que o objeto

d_c = diâmetro da menor esfera circunscrita ou a maior dimensão do objeto.

Volume

O volume da laranja foi determinado por deslocamento d'água, segundo a técnica da balança, descrita por MOHSEIN (1978). Primeiramente, a fruta é pesada numa balança que, em seguida, é forçada para dentro d'água e só então é feita a segunda pesagem. A segunda pesagem com a fruta submersa menos o peso do recipiente + água, é o peso da água deslocada, que foi usado na seguinte expressão para determinar o volume:

$$V \text{ (cm}^3\text{)} = \frac{\text{peso da água deslocada (g)}}{\text{massa específica da água (g/cm}^3\text{)}} \quad (2)$$

Densidade das frutas

O efeito da densidade de partículas é de grande importância na velocidade de transporte. Para determinação da densidade das frutas foi utilizada a mesma técnica mencionada acima, para determinação do volume, cuja densidade foi calculada por:

$$\text{densidade} = \frac{\text{peso da fruta no ar} \times \text{densidade da água}}{\text{peso da água deslocada}} \quad (3)$$

Orientação

A orientação da fruta foi obtida pela determinação do ângulo θ formado entre a columela central da laranja e o nível da água. Ver Figuras 1-a e 1-b.

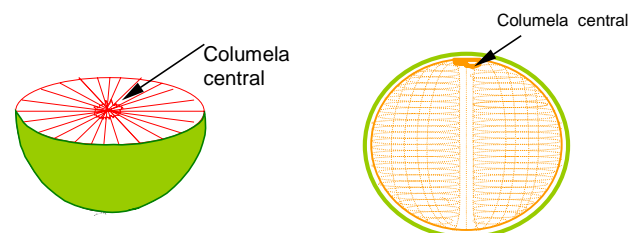


Figura 1a. Corte transversal e longitudinal, mostrando a columela central da laranja.

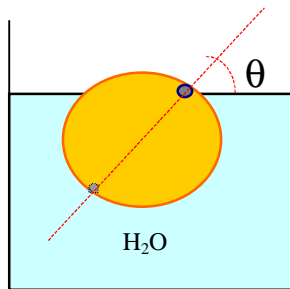


Figura 1-b. - Ângulo θ formado entre a columela central da laranja e o nível da água.

Aspecto físico

Após se determinar as características físicas, descritas anteriormente, foi analisado o aspecto interno mediante corte da fruta, no sentido dos dois eixos maiores (cortes ortogonais entre si) e também o aroma da fruta; assim, as frutas foram caracterizadas como:

Excelente: Fruta sadia. Aparência interna e aroma ótimos.

Murcha: A fruta se apresenta desidratada, com menos água que o comum, polpa com textura frouxa, pouco aromática.

Com parte ressecada: É sadia e apresenta todas as características de uma fruta “excelente”. Alguma parte da fruta, superior ou inferior, apresenta células armazenadoras de suco preenchidas por fibras, esbranquiçadas e secas.

Em deterioração: A fruta está no início da deterioração, apresentando características desse estado numa região específica.

Estragada: Fruta totalmente deteriorada, em decomposição, apresentando aroma característico, mesmo sem corte.

Análise de dados

A partir dos dados de densidade obtidos para as várias laranjas, classificadas segundo critérios descritos, foi feita análise estatística em blocos inteiramente casualizados, utilizando-se o programa ASSISTAT versão 5.1, desenvolvido por Silva (1995).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos estão sumarizados na Tabela 1:

A Tabela 1 foi montada segundo uma ordem crescente do ângulo de orientação da fruta. Percebe-se, nela, que as laranjas apresentando aspecto físico “excelente” estão compreendidas, segundo sua orientação, entre 14 e 25°; nota-se ainda que nesta faixa de orientação encontram-se apenas duas frutas impróprias para o consumo; no entanto, a parte afetada da laranja pode ter favorecido tal comportamento (ver Figura 2). Uma delas apresentava-se estragada no centro, o que pode ter contribuído para manter inalterado seu centro de gravidade; a outra fruta, estando estragada exatamente no local que normalmente se mantém para baixo quando a laranja é mergulhada na água, manteve-se naturalmente assim, uma vez que a densidade nesta parte da fruta (parte estragada) é maior.

Observando-se ainda a Tabela 1, percebe-se que todas as frutas com orientação fora da faixa anterior apresentam algum tipo de dano, ou seja, das 28 laranjas que apresentam orientação

Tabela 1. densidade, esfericidade, orientação e aspecto físico para 65 frutas estudadas.

Frutas	Densidade	Esfericidade	Orientação (θ)	Aspecto físico
1	0,848	0,919	-54°	murcha + parte estragada
2	0,858	0,954	-51°	ressecada na parte inferior
3	0,915	0,951	-48°	murcha + estragada
4	0,994	0,916	-48°	estrugada + ressecada
5	0,973	0,928	-43°	estrugada
6	0,920	0,898	-42°	ressecada
7	0,954	0,919	-42°	excelente
8	0,951	0,891	-5°	murcha
9	0,965	0,935	-5°	parte ressecada
10	0,942	0,896	-3°	estrugada + murcha
11	0,960	0,934	3°	estrugada + parte murcha
12	0,943	0,893	5°	murcha
13	0,930	0,899	5°	estrugada
14	0,832	0,900	5°	murcha
15	0,819	0,795	5°	excelente
16	0,903	0,940	6°	murcha
17	0,835	0,936	6°	murcha
18	1,000	0,930	7°	entrando em estado de deterioração
19	0,959	0,799	7°	excelente
20	0,767	0,893	7°	murcha
21	0,987	0,940	9°	murcha
22	0,996	0,911	11°	maior parte estrugada
23	0,972	0,884	13°	excelente
24	0,993	0,940	15°	excelente
25	0,937	0,931	16°	murcha na parte superior
26	0,990	0,933	17°	excelente
27	0,971	0,935	17°	excelente
28	0,940	0,922	17°	excelente
29	0,976	0,920	17°	excelente
30	0,973	0,910	17°	maior parte estrugada (metade inferior)
31	0,982	0,909	17°	excelente
32	0,966	0,927	18°	excelente
33	0,952	0,914	18°	excelente
34	0,986	0,918	18°	excelente
35	0,920	0,911	18°	estrugada totalmente
36	0,988	0,909	18°	excelente
37	0,983	0,905	19°	excelente
38	0,991	0,870	19°	excelente
39	0,968	0,904	19°	estrugada no centro (escurecido)
40	0,925	0,950	19°	excelente
41	0,973	0,913	19°	excelente
42	0,965	0,910	19°	excelente
43	0,977	0,922	20°	excelente
44	0,961	0,951	21°	excelente
45	0,974	0,910	21°	excelente
46	0,977	0,921	21°	excelente
47	0,969	0,964	21°	excelente
48	0,938	0,890	21°	excelente
49	0,979	0,960	21°	excelente
50	0,931	0,919	21°	excelente
51	0,980	0,911	22°	excelente
52	0,986	0,920	22°	excelente
53	0,937	0,890	23°	excelente
54	0,987	0,949	23°	excelente
55	0,993	0,936	23°	excelente
56	0,993	0,940	23°	excelente
57	0,956	0,892	24°	excelente
58	0,976	0,959	24°	excelente
59	0,968	0,960	25°	excelente
60	0,769	0,918	64°	murcha + estrugada
61	0,988	0,919	81°	ressecada na parte superior
62	0,986	0,913	81°	parte ressecada (superior)
63	1,000	0,908	83°	entrando em deterioração
64	1,000	0,953	86°	entrando em estado de deterioração
65	0,995	0,942	87°	ressecada na parte superior
Média	0,951	0,918		

Laranjas que apresentam orientação entre 14 e 25°C



Figura 2. Percentuais de frutas impróprias para consumo que, segundo sua orientação, poderiam ser confundidas com frutas sadias.

diferente da faixa citada (14 a 25°): 23 laranjas tinham algum tipo de dano interno (82,14%), 3 laranjas tinham parte ressecada (10,71%) e apenas duas laranjas (7,14%) apresentavam-se “excelentes”; no entanto, a esfericidade dessas últimas difere da média das laranjas testadas, o que deve ter contribuído para uma mudança no seu centro de gravidade e conseqüente mudança na sua orientação (Figura 3).

Laranjas fora da faixa de orientação esperada

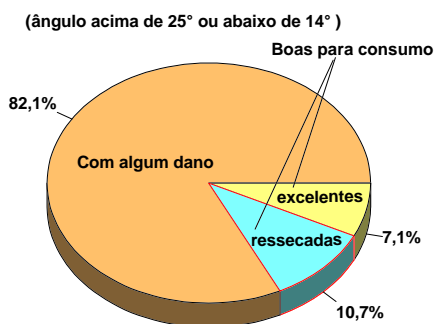


Figura 3. Percentuais de frutas saudias que, segundo sua orientação, poderiam ser selecionadas como frutas impróprias para consumo.

Na Tabela 2 estão apresentados os dados de densidade e esfericidade e suas respectivas médias, apenas para laranjas consideradas próprias para consumo.

Tabela 2. Dados de densidade, esfericidade, orientação e aspecto físico, das frutas saudias

Frutas	Densidade	Esfericidade	Orientação (°)	Aspecto físico
1	0,848	0,919	-54°	murcha + parte estragada
2	0,858	0,954	-51°	ressecada na parte inferior
3	0,915	0,951	-48°	murcha + estragada
4	0,994	0,916	-48°	estragada + ressecada
5	0,973	0,928	-43°	estragada
6	0,920	0,898	-42°	ressecada
7	0,954	0,919	-42°	excelente
8	0,951	0,891	-5°	murcha
9	0,965	0,935	-5°	parte ressecada
10	0,942	0,896	-3°	estragada + murcha
11	0,960	0,934	3°	estragada + parte murcha
12	0,943	0,893	5°	murcha
13	0,930	0,899	5°	estragada
14	0,832	0,900	5°	murcha
15	0,819	0,795	5°	excelente
16	0,903	0,940	6°	murcha
17	0,835	0,936	6°	murcha
18	1,000	0,930	7°	entrando em estado de deterioração
19	0,959	0,799	7°	excelente
20	0,767	0,893	7°	murcha
21	0,987	0,940	9°	murcha
22	0,996	0,911	11°	maior parte estragada
23	0,972	0,884	13°	excelente
24	0,993	0,940	15°	excelente
25	0,937	0,931	16°	murcha na parte superior
26	0,990	0,933	17°	excelente
27	0,971	0,935	17°	excelente
28	0,940	0,922	17°	excelente
29	0,976	0,920	17°	excelente
30	0,973	0,910	17°	maior parte estragada (metade
31	0,982	0,909	17°	excelente
32	0,966	0,927	18°	excelente
33	0,952	0,914	18°	excelente
34	0,986	0,918	18°	excelente
35	0,920	0,911	18°	estragada totalmente
36	0,988	0,909	18°	excelente
37	0,983	0,905	19°	excelente
38	0,991	0,870	19°	excelente
39	0,968	0,904	19°	estragada no centro (escurecido)
40	0,925	0,950	19°	excelente
41	0,973	0,913	19°	excelente
42	0,965	0,910	19°	excelente
43	0,977	0,922	20°	excelente
44	0,961	0,951	21°	excelente
45	0,974	0,910	21°	excelente
46	0,977	0,921	21°	excelente
47	0,969	0,964	21°	excelente
48	0,938	0,890	21°	excelente
49	0,979	0,960	21°	excelente
50	0,931	0,919	21°	excelente
51	0,980	0,911	22°	excelente
52	0,986	0,920	22°	excelente
53	0,937	0,890	23°	excelente
54	0,987	0,949	23°	excelente
55	0,993	0,936	23°	excelente
56	0,993	0,940	23°	excelente
57	0,956	0,892	24°	excelente
58	0,976	0,959	24°	excelente
59	0,968	0,960	25°	excelente
60	0,769	0,918	64°	murcha + estragada
61	0,988	0,919	81°	ressecada na parte superior
62	0,986	0,913	81°	parte ressecada (superior)
63	1,000	0,908	83°	entrando em deterioração
64	1,000	0,953	86°	entrando em estado de deterioração
65	0,995	0,942	87°	ressecada na parte superior
Média	0,951	0,918		

Na Tabela 3 estão contidos os dados de densidade, esfericidade e respectivas médias, para laranjas parcial ou

totalmente estragadas, e na Tabela 4 estão esses dados para as laranjas murchas.

Tabela 3. Densidade, esfericidade, orientação e aspecto físico, das frutas estragadas

Fruta	Densidade	Esfericidade	Orientação	Aspecto físico
4	0,994	0,916	-48°	estragada + ressecada
5	0,973	0,928	-43°	estragada
13	0,930	0,899	5°	estragada
18	1,000	0,930	7°	entrando em estado de deterioração
22	0,996	0,911	11°	maior parte estragada
30	0,973	0,910	17°	maior parte estragada (metade inferior)
35	0,920	0,911	18°	estragada totalmente
39	0,968	0,904	19°	estragada no centro (escurecido)
63	1,000	0,908	83°	entrando em deterioração
64	1,000	0,953	86°	entrando em estado de deterioração
Média	0,975	0,917		

Tabela 4. Dados de densidade, esfericidade, orientação e aspecto físico, apenas das frutas murchas

Fruta	Densidade	Esfericidade	Orientação	aspecto físico
1	0,848	0,919	-54°	murcha + estragada
03	0,915	0,951	-48°	murcha + estragada
8	0,951	0,891	-5°	murcha
10	0,942	0,896	-3°	murcha + estragada
12	0,943	0,893	5°	murcha
14	0,832	0,900	5°	murcha
16	0,903	0,940	6°	murcha
17	0,835	0,936	6°	murcha
20	0,767	0,893	7°	murcha
21	0,987	0,940	9°	murcha
25	0,937	0,931	16°	murcha na parte superior
11	0,960	0,934	3°	murcha + estragada
60	0,769	0,918	64°	murcha + estragada
Média	0,891	0,919		

Sob o ponto de vista da densidade, percebe-se pelas Tabelas 2, 3 e 4, que laranjas saudias apresentam densidade média em torno de 0,96, enquanto as laranjas estragadas apresentam densidade média próxima de 0,98 e laranjas murchas de 0,89; isto se torna perfeitamente visível na laranja imersa e tal fato permite ainda uma identificação durante a seleção da fruta quando esta apresenta a mesma orientação da laranja sadia. Foi observado, durante o experimento, que as laranjas estragadas ficam quase ou totalmente submersas, as laranjas saudias permanecem com cerca de 8% da sua área superficial livre (acima da superfície) e as laranjas murchas permanecem com cerca de 35 a 45% da sua área superficial livre.

A Tabela 5 apresenta uma análise estatística comparativa entre médias para 4 tratamentos delineados das observações experimentais.

Tabela 5. Resultado do Teste F aplicado às médias dos quatro tratamentos

Tratamentos	Medias	Medidas estatísticas
Laranjas estudadas	0,9499 a	MG 0,9442
Laranjas saudias	0,9612 a	CV% 4,3758
Laranjas estragadas	0,9754 a	DMS 0,0497
Laranjas murchas	0,8902 b	

As médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si a nível de 1% de probabilidade, pelo Teste Tukey

Verifica-se, pela Tabela 5, que as densidades das laranjas murchas diferem estatisticamente a nível de 1% de probabilidade pelo teste de Tukey. Apesar dos resultados mostrarem que as laranjas estragadas não diferem estatisticamente das saudias, é possível diferenciá-las, experimentalmente quando imersas em água. As laranjas estragadas, por apresentarem densidade próxima da unidade, chegam a ficar totalmente submersas, enquanto as laranjas saudias ficam com uma pequena percentagem de sua área acima

da superfície da água. Este fato pode ser observado nas Figuras 4 e 5.

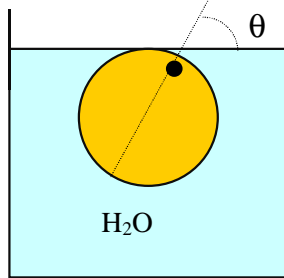


Figura 4. Laranja estragada

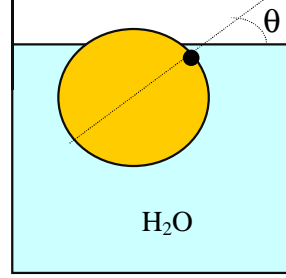


Figura 5. Laranja sadia

CONCLUSÕES

1. Laranjas imersas em água tendem a manter comportamento padrão.
2. Frutas consideradas sadias mantêm-se consistentemente com ângulo de orientação compreendido entre 14 e 25°, quando imersas em água.
3. Mesmo estando sadias, as laranjas com esfericidade muito diferente da média fogem ao comportamento esperado.
4. Quando murchas, as laranjas tendem a manter uma inclinação nula da columela central com relação ao nível da água, e permanecem com cerca de 40% da sua área superficial livre (acima do nível da água).
5. É possível distinguir uma laranja sadia com mesma

orientação de uma laranja estragada, pela percentagem de área superficial livre que esta apresenta. Laranjas estragadas praticamente afundam na água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DEWEY, D.H., STOUT, B.A., MATTHEWS, RAH. and BAKKER-ARKEMA, F.W. Development of a hydrohandling system for sorting and sizing apples for storage in pallet boxes, Marketing Research Reporting No. 743 STD, UDFS. 1966.
- MATTHEWS, F.V., STOUT, B.A., DEWEY, D.D. and BAKKER-ARKEMA. Hydrohandling of apple fruits. ASAE Paper No. 65-130. Am. Soc. of Agr. Engrs., St. Joseph, Michigan, 1965.
- McKAY & DABBAGHZADEH, S.J.- Fluidization and hydraulic transport of carrot pieces. Department of Chemical Engineering, The Queen's University of Belfast, Belfast, BT9 1NN, Ireland, 1987.
- MOHSENIN, N.N. - **Physical properties of plant and animal materials**. New York; Gordon and Breach Science Publishers, 1978. 734p.
- MOHSENIN, N.N. - **Physical properties of plant and animal materials (A Teaching Manual)**. New York; Gordon and Breach Science Publishers, 1984. 734p.
- SILVA, F. A. S. - **Software Assistat versão 5.1**. Departamento de Engenharia Agrícola (CCT/UFPB) - CEP 58.109 - 970, Campina Grande – PB, 1995.