

EFEITO DO USO DE ÁGUA CINZA SOBRE A VAZÃO DE UM MICROASPELADOR DINÂMICO.

Erika Fabiana de Oliveira; Raimundo Leite Cruz; Talita Aparecida Pletsch; Helton Rogério Mazzer; Leandro Caixeta Salomão;

Departamento de Engenharia Rural; Universidade Estadual Paulista; Faculdade de Ciências Agrônomicas – Botucatu, SP, erikafabi_oliveira@hotmail.com

1 RESUMO

O trabalho foi realizado no Laboratório de Ensaio de Equipamentos de Irrigação do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Estadual Paulista FCA- UNESP de Botucatu – SP, teve como objetivo avaliar, em bancada, a vazão de um microaspersor dinâmico com vazão nominal de 43L h^{-1} , antes e após o uso com água cinza. Na primeira fase da pesquisa 25 emissores novos foram separados aleatoriamente e realizados ensaios com água limpa, nas pressões de 50 a 300 kPa. Numa segunda fase os emissores foram submetidos a 1000h operando com água cinza. Ao término desse tempo, novamente foram submetidos às condições de ensaio inicial, para avaliar o efeito da água de reúso sobre a vazão média do microaspersor. Ao final pode-se observar que a vazão média dos emissores, depois de usados, diminuiu em relação a vazão dos emissores antes do uso em 6,6%, o coeficiente de variação após o uso ficou em 5,1 %, aumentado em relação ao coeficiente de fabricação inicial que foi de 4,3%; o R^2 caiu de 0,9946 para 0,9898 e o microaspersor continuou com uma boa classificação, de acordo com as normas da ABNT e ASAE.

UNITERMOS: microaspersor; reúso; água cinza

OLIVEIRA, E. F.; CRUZ, R.L.; PLETSCHE, T. A.; MAZZER, H. R.; SALOMÃO, L. C. EFFECT OF THE EFFECT OF USING GRAY WATER ON THE FLOW OF A DYNAMIC MICROSPRINKLER

2 ABSTRACT

The work was realized at the “Laboratório de Ensaio de Equipamentos de Irrigação do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Estadual Paulista FCA- UNESP de Botucatu – SP”, it aims evaluated in bench, the flow of a microsprinkler flow with dynamic nominal 43L h^{-1} , before and after the use of gray water. In the first phase were 25 new emitters were separated and performed tests with clean water, at pressures from 50 to 300 kPa. In a second phase the emitters have been submitted 1000h operating with gray water. At the end of this time, the emitters were submitted again into conditions of initial essay, to evaluate the new costume water effect on medium flow from microsprinkler. At the end we can see that the average flow of the emitters, after use, has declined compared to the emitters discharge before use in 6,6%, the coefficient of variation after use was 5,1%, increased in proportion the coefficient of initial production was 4,3%, the R^2 fell from 0.9946 to 0.9898 and the microsprinkler continued with a high rating, according to the ABNT and ASAE.

KEYWORDS: microsprinkler, reuse, gray water

3 INTRODUÇÃO

A água é um elemento essencial à vida, está presente em atividades cotidianas dos seres vivos, é um recurso limitado e de valor econômico, sua escassez pode ocorrer tanto por condições climáticas, como por demanda excessiva. Sua importância não se restringe apenas à sobrevivência humana, mas principalmente para o desenvolvimento de todas as atividades produtivas, devendo para tanto, serem assegurados seus usos múltiplos: abastecimento humano, agropecuária (principalmente irrigação), geração de energia elétrica, produção industrial, diluição de efluentes domésticos e industriais, transporte fluvial e por último, mas não menos importante, a manutenção das condições ecológicas e ambientais.

Embora o planeta terra seja formado em sua maioria por água, segundo Santos & Mancuso (2002), mais de 99% dessa água não está disponível para consumo. Até pouco tempo atrás não se dava a devida atenção aos recursos hídricos e ao uso correto dos mesmos, mas este cenário mudou, o homem de uma maneira geral começou a perceber a importância e dar valor a esse recurso natural, que a cada dia se torna mais raro e caro.

Sendo assim, é de extrema importância manter em boas condições os corpos hídricos existentes, para não prejudicar a disponibilidade desse recurso para as futuras gerações. O Brasil, embora seja um país com recursos hídricos abundantes, em algumas regiões o uso múltiplo da água alterou tanto a qualidade como a quantidade destes recursos, levando autoridades a implantarem políticas de recursos hídricos, que visem a cobrar pelo uso da água.

Assim sendo, o reúso aparece como alternativa para minimizar o problema da escassez, principalmente no campo agrícola, pois, segundo Bernardi (2003), a agricultura representa aproximadamente 70% do consumo hídrico no mundo.

Dentro do reúso, existe uma linha para o reúso de água cinza, termo pouco conhecido, mas já com pesquisas sendo realizadas para avaliar os benefícios que tal técnica pode trazer, seja do ponto de vista social, econômico ou ambiental. Segundo Fiori et al (2006) as águas cinzas são aquelas provenientes dos lavatórios, chuveiros, tanques e máquinas de lavar roupa e louça. Porém, quanto ao conceito de água cinza, não há consenso internacional.

Para os sistemas agrícolas, grandes consumidores de água, o uso de água cinza se torna cada vez mais viável, seja para minimizar o problema da escassez dos recursos hídricos, contribuir para a qualidade de cursos de água com a diminuição de lançamento de esgoto, como também evitar os altos custos de tratamento. Contudo, existem fatores que ainda são questionados por diversos pesquisadores, tais como: entupimento dos microaspersores e gotejadores em se tratando de irrigação localizada, fatores fitossanitários e principalmente a captação destas águas.

Quando adequadamente utilizada, a irrigação pode ser uma eficiente ferramenta para o aumento da produtividade e economia de recursos. Existe atualmente no meio agrícola, forte tendência na utilização de sistemas que apresentem maior eficiência no uso da água, como o método de irrigação localizada, que permite a redução da pressão de operação dos sistemas de irrigação, procurando diminuir o consumo de energia e melhorar a eficiência.

Desta maneira a irrigação, a localizada vem ganhando vários adeptos, principalmente, em regiões onde o fator água é limitante.

Dentro da irrigação localizada os dois principais sistemas são a microaspersão e o gotejamento.

O sistema de irrigação por microaspersão é uma variação do gotejamento oriunda da dificuldade de se obter uma distribuição melhor da umidade do solo, sobretudo em solos arenosos e em culturas realizadas em grandes espaçamentos (Vieira, 1989).

Na microaspersão, a água é aspergida em pequenos círculos ou setores, junto ao pé da planta, cuja condução é feita por rede de tubos que operam a baixas pressões (100 a 300 kPa) porém superiores às do gotejamento (Holanda Filho et al., 20001). Na microaspersão, a água é aspergida em pequenos círculos ou setores, embaixo da projeção da copa, região está onde se concentra 80% do sistema radicular de uma cultura.

O desempenho de um projeto de irrigação localizada, tipo microaspersão, tanto a qualidade da água como a do microaspersor é de grande importância.

Para que este tipo de irrigação seja corretamente dimensionado, é necessário o conhecimento das características dos emissores (Souza et al., 2005). Este trabalho teve como objetivo, comparar o desempenho do microaspersor, antes e depois do mesmo trabalhar 1000 horas com água cinza.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no laboratório de Ensaio de Equipamentos de Irrigação do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Estadual Paulista FCA- UNESP de Botucatu – SP.

Conforme as recomendações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1986) foram separados aleatoriamente 25 emissores novos, tipo microaspersor, com vazão nominal de 43L h^{-1} para a pressão de trabalho de 150 kPa .

Realizou-se ensaios em laboratório para determinar o desempenho do mesmo, sendo analisada a vazão média, o desvio padrão, o coeficiente de variação de fabricação e a curva vazão versus pressão.

Para a realização do experimento, utilizou-se uma bancada de ensaios para microaspersores (Figura 1), com vinte e cinco pontos de coleta, reservatório de 2000 L, conjunto motobomba, 6 manômetros e duas ventosas, uma no início do sistema para possíveis problemas de entrada de ar na tubulação e outra no final do sistema.

Os emissores estudados foram submetidos às pressões de 50, 100, 150, 200, 250 e 300 kPa. As leituras de pressão foram observadas mediante a utilização de manômetro modelo Hitronic, com precisão de $\pm 0,5\%$ FE.

Cada microaspersor foi fixado com micro tubo (0,4 cm diâmetro por 5 cm de comprimento), dentro de uma campânula fechada e dispostos em 25 pontos de coleta na bancada, sem alteração de posicionamento durante os ensaios. As medidas de vazão foram realizadas coletando a água de cada um dos emissores em recipiente de volume de 20 litros, com uma válvula de dupla passagem, que quando fechada, direcionava a água ao reservatório da bancada e quando aberta, direcionava para os baldes de coleta.

Foi estabelecido um tempo de ensaio de 10 minutos. Para calcular a vazão o volume coletado era pesado em uma balança digital com precisão de 5g.

As vazões consideradas foram resultados da média aritmética de três repetições para cada pressão de operação avaliada.

Ao final das 1000 h operando com água residuária, os microaspersores foram submetidos às mesmas condições de ensaio realizado antes do uso, ou seja, foram ensaiados novamente com água limpa, submetidos às pressões de serviço 50, 100, 150, 200, 250 e 300 kPa.



Figura 1. Bancada de ensaio de microaspersores.

A partir dos dados de vazão, calcularam-se a vazão média e o desvio padrão; em seguida, determinou-se o Coeficiente de Variação de Fabricação (CVf), dividindo-se o desvio-padrão pela média da vazão. Numa segunda etapa, os emissores foram submetidos a 1000h de trabalho com água cinza.

Na Tabela 1, consta caracterização da água cinza usada no experimento e a classificação do risco de entupimento dos emissores.

Tabela 1 - Riscos potenciais de entupimento dos emissores pela água cinza de acordo com Nakayama & Bucks, 1980, citados por GILBERT & FORD (1986).

Fatores de entupimento	Resultados obtidos	Risco de entupimento
Físico		
Sólidos suspensos (mg L ⁻¹)*	279	severo
Químico		
pH *	6,8	Baixo
Sólidos dissolvidos (mg L ⁻¹)**	2,842	Severo
Manganês *	0,113	Moderado
Ferro total *	0,98	Moderado
Sulfeto de hidrogênio*	0,74	Moderado
Biológico		
Numero de Bactérias (NMP mL ⁻¹)**	1,000	Baixo

* Análises realizadas no Laboratório de Recursos Hídricos da Faculdade de Ciências Agrônômicas Departamento de Engenharia Rural (Standard Methods).

** Análises realizadas no Laboratório da Divisão de Saneamento Básico da Universidade do Oeste Paulista (Standard Methos).

Para obter dados sobre o desempenho do microaspersor depois de usado, foram analisados os mesmos parâmetros do ensaio inicial, como vazão média, desvio padrão, coeficiente de variação, que para um melhor entendimento, foi denominado nesta etapa de coeficiente de variação após o uso (CVu) e a curva vazão versus pressão.

Tais dados serviram de base para avaliar e fazer um comparativo do desempenho do microaspersor antes e depois de trabalhar com a água cinza.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Desempenho do microaspersor antes do uso com água cinza

Os valores médios de vazão e do coeficiente de variação de fabricação do microaspersor estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores de vazão média, desvio padrão e coeficiente de variação de fabricação, para os 25 emissores, nas pressões estabelecidas, antes do uso com água cinza.

Pressão (kPa)	Vazão Méd. (l h ⁻¹)	Desvio Padrão	CVf (%)
50	34,314	1,763	5,137
100	42,666	1,701	3,986
150	49,925	2,224	4,455
200	56,614	2,454	4,335
250	61,610	2,390	3,879
300	67,364	2,800	4,157
Média CVf			4,325

Encontrou-se valor médio do CVf de 4,33 % para o microaspersor, resultando na classificação de bom, segundo a norma ABNT (1986), conforme normas da ASAE (1994), o microaspersor, pode ser classificado como de excelente qualidade, (Tabela 3).

Tabela 3. Classificação do CVf do microaspersor, de acordo com as normas da ABNT (1986) e ASAE (1994), em ensaio com os emissores distribuídos na bancada, antes do uso com água residuária.

CVf (%)	Classificação ABNT(1986)	Classificação ASAE (1994)
4,325	Bom	Excelente

Sob o ponto de vista do processo de fabricação, segundo Solomon (1979), tais resultados, possivelmente, demonstram pequena variação da vazão nos emissores, proporcionada por grande controle de qualidade no processo de fabricação, sendo este o melhor critério para avaliar as diferenças individuais entre os emissores.

Conforme esse autor, emissores com bom desempenho hidráulico, quando utilizados em projetos de irrigação bem dimensionados, proporcionam condições para a obtenção de elevadas eficiências de aplicação de água.

5.2 Desempenho do microaspersor após o uso com água cinza

Na Tabela 4, encontram-se os dados de vazão média, desvio padrão e o coeficiente de variação dos emissores usados, denominado de coeficiente de variação após o uso (CVu), para as pressões pré-estabelecidas nos ensaios dos microaspersores após trabalharem 1000 h com água de reúso.

Tabela 4. Valores de vazão média, desvio padrão e coeficiente de uso, nas pressões pré-estabelecidas para o microaspersor, depois de usado.

Pressão (kPa)	Vazão Méd. (L h ⁻¹)	Desvio Padrão	CVu (%)
50	32,489	1,875	5,772
100	40,295	2,081	5,164
150	46,694	2,200	4,712
200	51,380	2,278	4,434
250	57,586	3,306	5,740
300	63,425	3,239	5,107
Média CVu			5,115

Em média o CVu, para os emissores após o uso ficou em 5,12%, sendo classificado como bom segundo a ABNT (1986) e como médio de acordo com as normas da ASAE (1994), (Tabela 5).

Tabela 5. Classificação do CVu do microaspersor Amanco MF 43Lh⁻¹, de acordo com as normas da ABNT (1986) e ASAE, em ensaio com os emissores em um único ponto da bancada, após do uso com água residuária.

CVfu(%)	Classificação ABNT(1986)	Classificação ASAE (1994)
5,115	Bom	Médio

Os coeficientes de variação do microaspersor antes e depois de usado foram de 4,3 e 5,1, respectivamente. Para a ABNT não houve variação na classificação, já para a ASAE, a classificação passou de excelente para médio.

Após ensaios realizados em laboratório, os emissores, após trabalharem com água cinza tratada, por 1000 h, apresentaram vazão média de 46,7 L h⁻¹, para pressão nominal de 150 kPa, com desvio padrão de 2,200.

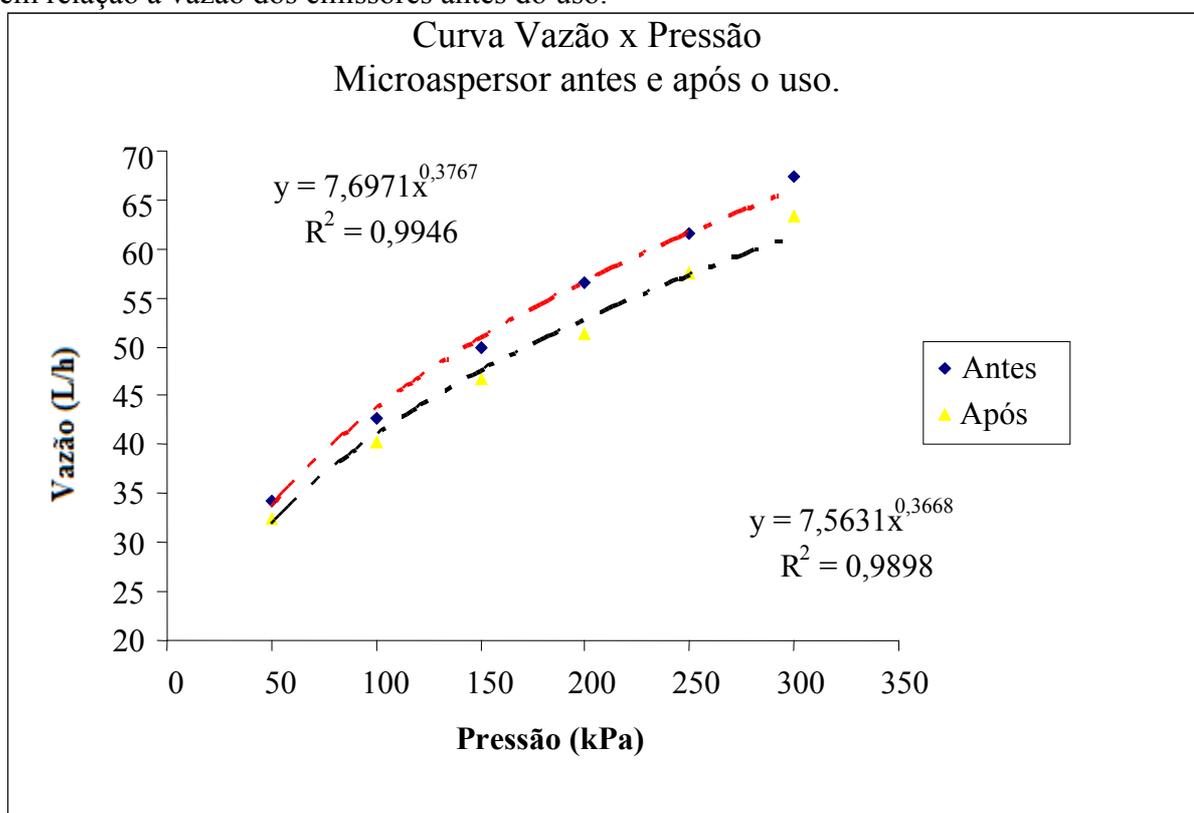
Comparando-se as vazões médias dos emissores antes e após o uso com água residuária para as pressões estudadas, observa-se, que foram próximas em quase toda a faixa de pressão (Tabela 6), ficando menor em 6,47% na pressão de serviço de 150 kPa, fato este, que demonstra ser viável o uso de água residuária tratada para os sistemas de irrigação.

Tabela 6. Vazões nas pressões estudadas, para emissores antes e após o uso com água residuária.

Pressão (kPa)	Vazão Méd. (Lh ⁻¹) para emissores antes do uso.	Vazão Méd. (L h ⁻¹) para os emissores usados.
50	34,314	32,489
100	42,666	40,295
150	49,925	46,694
200	56,614	51,380
250	61,610	57,586
300	67,364	63,425

A partir dos dados de vazão e sua respectiva pressão determinou-se a curva característica do microaspersor Amanco MF bocal verde claro 1,0mm, antes e após o uso com suas respectivas equações. Para os emissores antes do uso com água cinza a equação foi, $q=7,6971H^{0,3767}$ ($R^2 = 0,99$), enquanto que para os usados a equação foi, $q=7,5631H^{0,3668}$ ($R^2 = 0,98$). Segundo Karmeli & Smith (1978), o regime de fluxo do referido emissor é considerado turbulento, tanto antes como após o uso, pelos valores dos expoentes das equações.

Na Figura 2, está apresentado a curva vazão versus pressão para o microaspersor antes e depois de usado. Constatou-se uma redução de 6,6% na vazão média dos emissores usados em relação a vazão dos emissores antes do uso.

**Figura 2.** Curva vazão x pressão do microaspersor antes e após o uso com água residuária

Para comprovar se as vazões se diferenciavam entre si estatisticamente numa probabilidade de 5%, foi realizado o teste de Tukey. O resultado do teste para as médias de vazão de cada pressão estudada, para emissores antes e depois de usados estão apresentados na Tabela 7.

As médias seguidas por uma mesma letra, dentro de cada pressão não diferem entre si estatisticamente pelo Teste de Tukey com 5% de probabilidade.

Tabela 7. Resultado do Teste de Tukey com 5% de probabilidade em todas as pressões estudadas, para emissores antes e após o uso com água residuária.

Pressão (kPa)	Tratamento	Média	Resultado do teste
50	Antes	34,31	a
	Após	32,49	b
100	Antes	42,67	a
	Após	40,29	b
150	Antes	49,95	a
	Após	46,49	b
200	Antes	56,61	a
	Após	51,38	b
250	Antes	61,61	a
	Após	57,59	b
300	Antes	67,40	a
	Após	63,43	b

Em todas as pressões ensaiadas, as médias das vazões para os emissores novos e após trabalharem 1000 horas com água cinza, apresentaram, de acordo com o teste de Tukey diferenças significativas. Este fato pode ser explicado pela cimentação dos sólidos presentes na água residuária que foram se aderindo na passagem de águas da tubulação e do emissor afetando o seu desempenho.

6 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos pelos métodos usados na avaliação do microaspersor, antes e após o uso com água residuária, chegou-se às seguintes conclusões:

- A vazão média dos emissores depois de usados com água cinza, diminuiu em 6,59%, o coeficiente de uso ficou em 5,12 %, aumentado em relação ao coeficiente de fabricação que foi de 4,33%;
- O microaspersor continuou com uma boa classificação e o R^2 caiu de 0,9946 para 0,9898;
- É necessário o desenvolvimento de novas pesquisas, para a utilização de forma eficiente da água cinza, na irrigação.

7 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **PNBR 12:02.08 – 022**: Requisitos mínimos para elaboração de projeto de sistema de irrigação localizada. São Paulo, 1986. 8p.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **ASAE EP405.1**: Design and installation of microirrigation system. St. Joseph Michigan, 1994. p.724-727.

BERNARDI, C. C. **Reúso de água para a irrigação**. 52p Trabalho de Conclusão de Curso, MBA em Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada, área de concentração Planejamento Estratégico - ISEA-FGV Instituto Superior de Administração e Economia da Fundação Getúlio Vargas /ECOBUSINESS SCHOOL, Brasília-DF, 2003.

FIORI, S.; FERNANDES, V. M. C.; PIZZO, H. Avaliação qualitativa e quantitativa do reúso de águas cinzas em edificações. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 19-30, jan./mar. 2006. Disponível em: <<http://www.antac.org.br/ambienteconstruido/pdf/revista/artigos/Doc123148.pdf>>. Acesso em: 11out. 2007.

GILBERT, R. G.; FORD, H. W. Operational principles. In: NAKAYAMA, F. S.; BULKS, D. A. **Trickle irrigation for crop production**. Amsterdam: Elsevier, 1986. Chap. 3, p. 142-163.

HERNANDEZ, F. B. T. **Manejo da irrigação**. 2004. Disponível em <<http://www.irrigaterra.com.br/manejo.php>>. Acesso em 2 jan. 2008.

HOLANDA FILHO, R. S.F. de; PORTO FILHO, F. de Q.; MIRANDA, N. de O.; MEDEIROS, J. F. de. **Caracterização hidráulica do microaspersor Rondo, da Plastro**. In: Revista Bras. Eng. Agríc. ambient., vol.5, n.1, pp. 16-21. Campina Grande Jan./Apr.,2001. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662001000100004>. Acesso em 13/abril/2007.

KARMELI, D.; SMITH, S. W. Irrigation with aerosol emitters. **Transaction of the ASAE**. St. Joseph, v. 21, n. 5, p. 878-880, Sep./Oct.1978.

SANTOS, H. F. e MANCUSO, P. C. S. A escassez e o reúso de água em âmbito mundial. In: _____ Reúso de água. São Paulo: USP, Faculdade de Saúde Pública, ABES, 2002. cap. 1. p. 1 – 20.

SOLOMON, K. Manufacturing variation of trickle emitters. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 22, n. 5, p. 1034-1038,1979.

SOUZA, J.A.R.; DENICULI, W.; BATISTA, R.O.; VAL, J.C.C.; MATOS, A.T. Caracterização hidráulica de microaspersor aplicando água limpa, água residuária de avicultura e de bovinocultura. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v.13, n.3, 161-172,

Jul./Set., 2005. Disponível em: <<http://www.ufv.br/dea/reveng/arquivos/Vol13/v13n3p161-172.pdf>> Acesso em: 10 jul. 2007.

VIEIRA, D. B. **As técnicas de irrigação**. São Paulo: Globo, 1989. 263p.