



I-013 - ANÁLISE DOS ROMPIMENTOS NAS REDES DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE NOVO HAMBURGO, RS

André Torres Petry⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS (IPH/UFRGS). Engenheiro responsável do setor de manutenção de redes e ramais da Companhia Municipal de Saneamento de Novo Hamburgo (COMUSA).

Endereço⁽¹⁾: Avenida Coronel Travassos, 287 - Rondônia – Novo Hamburgo - RS - CEP: 93415-000 - Brasil - Tel.: (51) 3036-1121 - e-mail: apetry@comusa.com.br

RESUMO

Muitas cidades brasileiras possuem um sistema de abastecimento de água bastante antigo e deteriorado, que gera problemas de faturamento às empresas de saneamento básico, bem como elevadas perdas de água. Por isso programas de substituição e recuperação de redes de água são cada vez mais importantes para que se tenha mais eficiência e rentabilidade na distribuição de água tratada. Mas para que esses programas tenham sucesso é necessário que se conheça que redes devem ser substituídas prioritariamente.

Com a utilização dos dados de todos os serviços de manutenção de redes realizados nos anos de 2005 e 2006 esse trabalho tem como objetivo caracterizar os vazamentos ocorridos no período, tanto em termos de quantidades de rompimentos como custos relacionados. Verificou-se que as redes em fibrocimento são as que apresentam maior quantidade de vazamentos por quilômetro e custos com manutenção. Quantitativamente as redes de pequeno diâmetro rompem em quantidade significativamente superior aos outros diâmetros. Não foi encontrado nenhum padrão sazonal de rompimentos no período analisado.

Diante dos resultados encontrados sugere-se para a cidade de Novo Hamburgo que sejam substituídas prioritariamente as redes em fibrocimento na faixa de diâmetros entre 50 e 200 mm, pois são as que mais geram custos e vazamentos na cidade.

PALAVRAS-CHAVE: Manutenção de redes de água, sistemas de distribuição de água, vazamentos.

INTRODUÇÃO

A água é um elemento indispensável para a vida. Mas sua escassez cresce a cada ano, devido ao uso indiscriminado dos mananciais, bem como a poluição dos mesmos. Miranda (2003) cita que, segundo estatísticas, quase metade da população mundial enfrenta grave situação no abastecimento de água, cuja disponibilidade é comprometida pelos crescentes níveis de poluição provocados por defensivos agrícolas, atividade de mineração, lançamento de efluentes industriais, lixo e resíduos urbanos e lançamento de esgoto sanitário acima da capacidade de autodepuração dos corpos d'água. Por isso ela é um insumo que precisa ser explorado de forma sustentável, a fim de garantir sua disponibilidade para as gerações futuras.

A busca do desenvolvimento sustentável é o grande dilema que existe no mundo atualmente. É preciso produzir cada vez mais, mas essa produção deve ocorrer de forma sustentável, que preserve os recursos naturais disponíveis no planeta. Uma forma de aliar uma maior produção sem comprometer o ambiente é aumentar a eficiência dos processos, combatendo intensamente perdas e desperdícios.

O setor de saneamento está diretamente envolvido nesse problema, pois é ele quem capta a água nos mananciais, distribui para a população e coleta seus resíduos. É seu dever fazer isso de forma eficiente e sustentável, preservando esse bem tão valioso. Mas infelizmente não é essa a prática da maioria das empresas de saneamento do Brasil. Muitas empresas apresentam grandes quantidades de perdas d'água, que chegam mais de 40% (Conejo et al., 1999), bem como baixo nível de tratamento dos efluentes gerados pela população. Isso gera um cenário insustentável para o insumo água, onde a disponibilidade fica cada vez menor quantitativamente e qualitativamente.

Tsutiya (2006) cita que nos centros urbanos mais desenvolvidos as maiores deficiências observadas em sistemas de abastecimento de água se devem principalmente à deterioração dos sistemas mais antigos,



especialmente na parte de distribuição de água, com tubulações antigas apresentando freqüentes problemas de rompimentos e vazamentos de água. A deterioração dos sistemas de transporte e distribuição de água mais antigos, que não sofrem adequada manutenção e recuperação, resultam em elevada perda de água, com importantes perdas de faturamento por parte da prestadora de serviço, devidos aos vazamentos, bem como deixa o sistema vulnerável à contaminação da água através da perda de estanqueidade das tubulações e juntas danificadas.

Esse é um cenário em que a Companhia Municipal de Saneamento de Novo Hamburgo (COMUSA) está inserida e precisa combater. Desde que foi municipalizada, a COMUSA busca constantemente a redução das perdas de água, bem como a implantação do tratamento do esgoto sanitário. O quadro atual é de uma rede de água bastante antiga, que ocasiona vários vazamentos por dia.

Várias ações estão sendo executadas para a redução das perdas de água no sistema de abastecimento de Novo Hamburgo, com resultados satisfatórios. Uma dessas ações é o programa de substituição de redes antigas por redes novas em PEAD, pois as redes de água de Novo Hamburgo já estão no fim de sua vida útil. Grande parte da rede da cidade é de ferro fundido e fibrocimento, implantadas nas décadas de 60 e 70; outra parte mais recente já é de redes de PVC. Essas redes antigas geram um cenário de vários vazamentos diários, onde existe muita perda de água. Além disso, vários outros problemas decorrem desses vazamentos, como o desabastecimento de regiões, transtorno aos moradores com obras em frente a suas casas, altos custos com o conserto dessas redes e posterior repavimentação, entre outros. Por isso torna-se essencial saber onde o problema ocorre com maior freqüência e intensidade, e também em que tipo de rede, para que a substituição seja realizada nos locais mais urgentes.

Rostum (2000) e Le Gat & Eisenbeis (2000) citam que diferentes fatores atuando em conjunto podem causar rompimentos de redes de água, como a idade das redes, o diâmetro, comprimento total, material, condições do solo, falhas anteriores, estação do ano, escavações próximas, pressões e uso do solo. Mas frisa que nem sempre é possível identificar a principal causa das falhas em redes de água.

Algumas características das redes e o ambiente em que estão influenciam na taxa de rompimentos. Rostum (2000) cita que é consenso na literatura que as redes de menor diâmetro (até 200 mm) rompem mais, devido a fatores como pequena resistência e espessura das tubulações, bem como baixos padrões de construção. O mesmo autor também informa que foram encontrados diferentes resultados quanto à variação sazonal dos rompimentos, com alguns lugares com picos de rompimentos no inverno e outros com picos no verão.

Com uma base de dados que engloba todos os vazamentos de rede ocorridos nos anos de 2005 e 2006 em Novo Hamburgo surgiu a motivação de fazer um trabalho de caracterização e análise estatística da quantidade de rompimentos de redes, com o objetivo de responder aos seguintes questionamentos:

- Existe diferença entre a quantidade de rompimentos de rede para os diferentes materiais existentes nas redes de Novo Hamburgo (Ferro fundido, fibrocimento, PVC e PEAD)?
- Existe diferença entre a quantidade de rompimentos de rede para os diferentes diâmetros de rede existentes?
- Existe diferença entre os meses do ano na quantidade de rompimentos de rede?

A resposta a esses questionamentos pode auxiliar em tomadas de decisão sobre qual tipo de rede e diâmetro é mais urgente substituir na cidade de Novo Hamburgo, bem como podem auxiliar na previsão de estoques da empresa.

O desenvolvimento desse trabalho contou com o apoio e a participação do Eng. Jéferson Gerhardt, do setor de geoprocessamento e cadastro da COMUSA.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para esse estudo foi utilizado o banco de dados da empresa, onde é possível buscar informações de serviços de manutenção em redes de água e seu custo total. Separou-se a quantidade consertos de rede por material e diâmetro, para os diferentes meses de execução desses serviços. Para uma avaliação temporal mais precisa utilizou-se a data de execução do serviço.



Como uma segunda abordagem resolveu-se agrupar as redes por diâmetro e época do ano, com o intuito de avaliar se esses grupos maiores mostram diferenças mais nítidas do que a separação por cada diâmetro e mês de execução. Assim, os rompimentos foram classificados quanto:

- Ao diâmetro: redes de pequeno diâmetro (finas - DN 50 mm e DN 75 mm), redes de médio diâmetro (médias - DN 100 mm a DN 175 mm) e redes de grande diâmetro (grossas - DN 200 mm a DN 500 mm);
- Época do ano: verão (meses de janeiro a março), outono (abril a junho), inverno (julho a setembro) e primavera (outubro a dezembro).

A divisão acima é válida para Novo Hamburgo/RS, pois na cidade as adutoras de água tratada possuem diâmetro nominal 200 mm ou mais. Também a classificação por estações representa bem a diferença de temperatura ambiente no decorrer do ano, onde existem meses de temperaturas elevadas (verão), baixas (inverno) e intermediárias (outono e primavera).

As diferenças entre datas de execução, materiais e diâmetros foram verificadas por ANOVA. Quando foi verificada uma diferença significativa entre os fatores foi realizado um teste de comparação múltipla de Holm-Sidak para detectar exatamente as diferenças entre os fatores (exemplo: se fibrocimento é diferente de quais outros materiais, etc.). O nível mínimo de significância adotado para os resultados foi de 95%.

CARACTERIZAÇÃO DOS SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO DE REDES

O município de Novo Hamburgo possui cerca de 62000 ligações de água ativas. Para levar a água a todos os usuários existem 686,6 quilômetros de rede nas ruas da cidade, de diferentes materiais e diâmetros (Tabela 1). Em geral são redes instaladas a vários anos, que já apresentam sinais de fadiga.

A grande parte das redes da cidade é feita de materiais como o PVC e o fibrocimento. As redes de PVC são na sua grande parte de diâmetros pequenos, principalmente 50 e 75 mm, utilizadas para a distribuição direta à população. Essas redes foram instaladas na sua maioria nas décadas de 80 e 90, de acordo com o crescimento da cidade.

As redes de fibrocimento, que foram instaladas em sua maioria nas décadas de 60 e 70, também existem em sua maioria nos diâmetros de 50 e 75 mm, mas possuem uma maior variação no diâmetro. Percebe-se pela Tabela 1 que a maior parte das redes com diâmetro nominal (DN) maior do que 150 mm são em fibrocimento. Isso faz com que a grande parte das adutoras de água tratada da cidade seja de fibrocimento.

Tabela 1: Quantidade de redes por material e diâmetro no município de Novo Hamburgo/RS.

DN (mm)	PVC	FC	FF	PEAD	AÇO	Alvenius	Total (m)	%
50	251.964	175.495	13.989	28.701	-	-	470.149	68,47%
75	19.047	27.078	1.446	2.445	-	-	50.016	7,28%
100	19.330	18.563	1.199	5.317	-	-	44.409	6,47%
125	-	7.985	-	-	-	-	7.985	1,16%
150	3.991	17.851	2.933	2.157	-	-	26.933	3,92%
175	-	957	-	-	-	-	957	0,14%
200	2.944	12.178	1.843	3.838	-	-	20.803	3,03%
250	1.473	13.786	14	1.622	-	-	16.895	2,46%
300	2.569	3.201	6.453	-	-	1.702	13.925	2,03%
350	-	7.438	1.007	-	-	-	8.445	1,23%
400	-	1.895	2.252	124	-	-	4.271	0,62%
450	-	-	602	1.589	-	-	2.191	0,32%
500	-	-	14.841	-	4.782	-	19.623	2,86%
600	-	-	-	-	5	-	5	0,00%
Total (m)	301.319	286.427	46.579	45.793	4.787	1.702	686.607	100,00%

Onde: PVC = poli cloreto de vinila; FC = fibrocimento; FF = ferro fundido; PEAD = polietileno de alta densidade.



Os demais materiais estão presentes em quantidades menores na cidade. As redes em ferro fundido são as mais antigas da cidade, sendo mais freqüente em DN 50 mm (área central) e DN 500 mm (adutoras de água bruta). As redes em PEAD são mais recentes, na maioria DN 50 mm. Já as redes em aço e alvenius aparecem em pequenas quantidades, sendo de adutoras de água tratada que ligam reservatórios específicos.

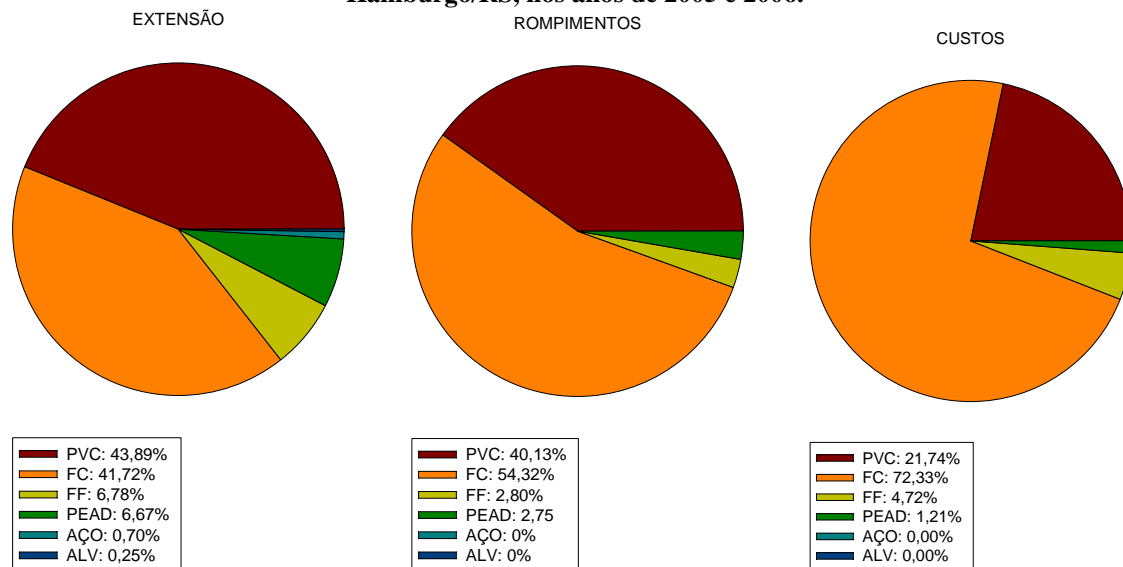
O sistema de distribuição de água de Novo Hamburgo gera uma considerável quantidade de consertos de rede por causa dos rompimentos na rede de água. Nos anos 2005 e 2006 foram realizados 2001 consertos nas redes de água de Novo Hamburgo, média de quase 3 consertos diários. Cerca de 95% desses consertos foram realizados nas redes em PVC e fibrocimento (Tabela 2), consumindo 94% dos custos com manutenção em redes.

Os outros 6% dos consertos ocorrem nas outras redes, principalmente ferro fundido. Proporcionalmente os custos de consertos em ferro fundido são elevados, por serem redes de maior diâmetro. Já a quantidade de consertos e eventuais custos em PEAD são pequenos, pois as redes deste material são recentes, e foram implantadas nas calçadas. Isso faz com que os custos com consertos sejam pequenos em relação às outras redes, que em geral estão sob o asfalto.

As redes em alvenius e aço de Novo Hamburgo não apresentaram quantidades consideráveis de vazamentos nos anos de 2005 e 2006.

Os dados da Figura 1 mostram que as redes de fibrocimento e PVC foram responsáveis pela maioria significativa dos serviços de manutenção de rede em Novo Hamburgo nos dois anos analisados. Se for considerado que essas redes estão em maior quantidade é normal que elas apresentem mais vazamentos. Mas se forem comparadas entre si percebe-se que a maior quantidade de consertos realizados ocorreu nas redes de fibrocimento, bem como os custos associados a esses consertos foram consideravelmente superiores às redes em PVC.

Figura 1: Quantidade de consertos de redes por material e seus respectivos custos no município de Novo Hamburgo/RS, nos anos de 2005 e 2006.



Onde: PVC = poli cloreto de vinila; FC = fibrocimento; FF = ferro fundido; PEAD = polietileno de alta densidade, ALV = alvenius.

O maior número de consertos em redes de fibrocimento ocorre pelo fato dessas redes serem bastante antigas, onde o material já desgastado pelo tempo e uso apresenta maior número de falhas. Já os elevados custos associados a esses consertos se devem, além da maior quantidade de rompimentos, a fatores como a maior quantidade de adutoras em fibrocimento e as maiores profundidades que essas redes se encontram.



Para uma efetiva comparação entre a quantidade de rompimentos para os diferentes materiais e diâmetros é interessante analisar a Tabela 2, que mostra o número de vazamentos ocorridos pela quantidade total de redes existentes em quilômetros. Nos dois anos de análise as redes médias em fibrocimento foram as que mais apresentaram rompimentos entre todas as redes. As redes médias em PVC e ferro fundido também apresentam altos valores de rompimentos/km. A rede de PVC DN 50 mm, que em quantidade total é a que mais vaza, não apresenta índices tão grandes de vazamentos por quilômetro.

Tabela 2: Quantidade de vazamentos por quilômetro de rede existente no município de Novo Hamburgo/RS.

FC 125	8,14	PVC 150	3,51
FC 100	6,09	FC 150	3,36
FC 75	5,98	FF 200	3,26
PVC 75	5,46	FF 150	3,07
FF 100	5,00	FC 200	2,55
FC 50	3,56	PVC 50	2,51

Ao se analisar os diâmetros das redes rompidas percebe-se uma proporcionalidade entre a quantidade existente (Tabela 1) e a quantidade consertada (Tabela 3). Cerca de 80% dos rompimentos aconteceram em redes de DN 50 mm e DN 75 mm, que são as redes que mais existem na cidade (75%). Nesses diâmetros específicos os rompimentos em fibrocimento superaram os rompimentos em PVC, apesar da quantidade de redes em PVC ser superior às de fibrocimento, pelo fato já citado de essas redes serem mais antigas.

As redes em PEAD seguem o mesmo comportamento proporcional entre a quantidade de rompimentos e quantidade presente, com a maioria absoluta dos rompimentos acontecerem nas redes DN 50. Grande parte dos consertos nesse tipo de rede é ocasionada por intervenção humana, onde as redes são rompidas em uma escavação na calçada, por exemplo. Raramente são feitos vazamentos de redes em PEAD que surgiram por falhas no material.

Nas redes em ferro fundido a distribuição de vazamentos entre os grupos de diâmetros selecionados foi mais uniforme, mas ainda assim com a maior parte dos rompimentos acontecendo nas redes finas. Mas a maioria das redes presentes na cidade de ferro fundido são consideradas grossas (57%), e 33% finas. Com isso podemos concluir que as redes de grande diâmetro em ferro fundido não proporcionam muitos vazamentos, sendo mais preocupantes as redes finas e médias na questão de vazamentos.

Tabela 3: Quantidade de consertos de redes por diâmetro de rede no município de Novo Hamburgo/RS, nos anos de 2005 e 2006.

DN (mm)	PVC (%)	FC (%)	FF (%)	PEAD (%)	Total
Fina	36,83%	39,28%	1,15%	2,25%	79,51%
Média	2,80%	11,89%	0,75%	0,10%	15,54%
Grossa	0,50%	3,15%	0,90%	0,40%	4,95%
Total	40,13%	54,32%	2,80%	2,75%	100,00%

Onde: PVC = poli cloreto de vinila; FC = fibrocimento; FF = ferro fundido; PEAD = polietileno de alta densidade, ALV = alvenius.

A Tabela 3 destaca que os vazamentos se concentram principalmente nas redes finas de PVC e nas redes finas e médias em fibrocimento. Também se percebe que os vazamentos nas redes grossas em fibrocimento acontecem mais do que os outros materiais na mesma faixa de diâmetro, devido à maior quantidade de redes existentes nesses diâmetros.

As redes de diâmetro 50 mm são as que geram os maiores custos com manutenção na cidade de Novo Hamburgo. Os consertos de redes em fibrocimento DN 50 custaram mais de 1 milhão de reais à COMUSA no período de análise (32,5% dos custos totais), enquanto que os consertos nas redes em PVC DN 50 foram equivalentes a 14,5% dos custos em manutenção. Também foram expressivos os custos com consertos de redes em fibrocimento FC 75 mm, com quase 10% dos custos totais.



Outro grupo de redes que chama atenção pelos custos envolvidos em seus consertos são os de redes médias e grossas em fibrocimento. Os custos de manutenção de redes de diâmetros desde os 100 mm até 250 mm nesse tipo de material representam cerca de 28% das despesas totais, apesar de serem somente 10% das redes existentes na cidade.

Tanto pela quantidade de consertos como pelos custos envolvidos pode-se identificar o grupo de redes que mais gera problemas à companhia: as redes DN 50 mm em PVC e as redes em fibrocimento na faixa de diâmetros de 50 a 250 mm. Representando 85% dos rompimentos e custos com manutenção, esse grupo de redes deve ser priorizado quanto a sua substituição por canalizações mais modernas.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise dos rompimentos de rede no município de Novo Hamburgo indica que a maior quantidade de vazamentos ocorridos entre 2005 e 2006 ocorreu nas redes em PVC e fibrocimento (Figura 1). Mas nesses dois tipos de rede existe uma variação grande conforme o mês analisado. Já nas redes em ferro fundido e PEAD a variação é bem menor, devido ao menor número de rompimentos (Figura 2).

Para verificar estatisticamente as diferenças entre fatores como o material, o diâmetro e o mês nos rompimentos de rede foi feita uma análise de variância (ANOVA) do número de consertos efetuados nos anos de 2005 e 2006.

Para isso as redes foram separadas em grupos de acordo com o diâmetro, sendo classificadas como redes finas, médias e grossas. Essa separação foi feita para padronizar os dados em relação ao diâmetro, pois alguns diâmetros de rede não estão presentes nos quatro tipos de material analisados. Por exemplo, não existem redes em PVC nos diâmetros maiores do que 350 mm, e redes DN 125 mm e DN 175 mm só aparecem em fibrocimento.

Os dados foram analisados mensalmente e sazonalmente (estações do ano), para ver se diferentes épocas do ano contribuem para maior quantidade de rompimentos nos diferentes materiais. Nas duas abordagens escolhidas o resultado da análise de variância foi o mesmo.

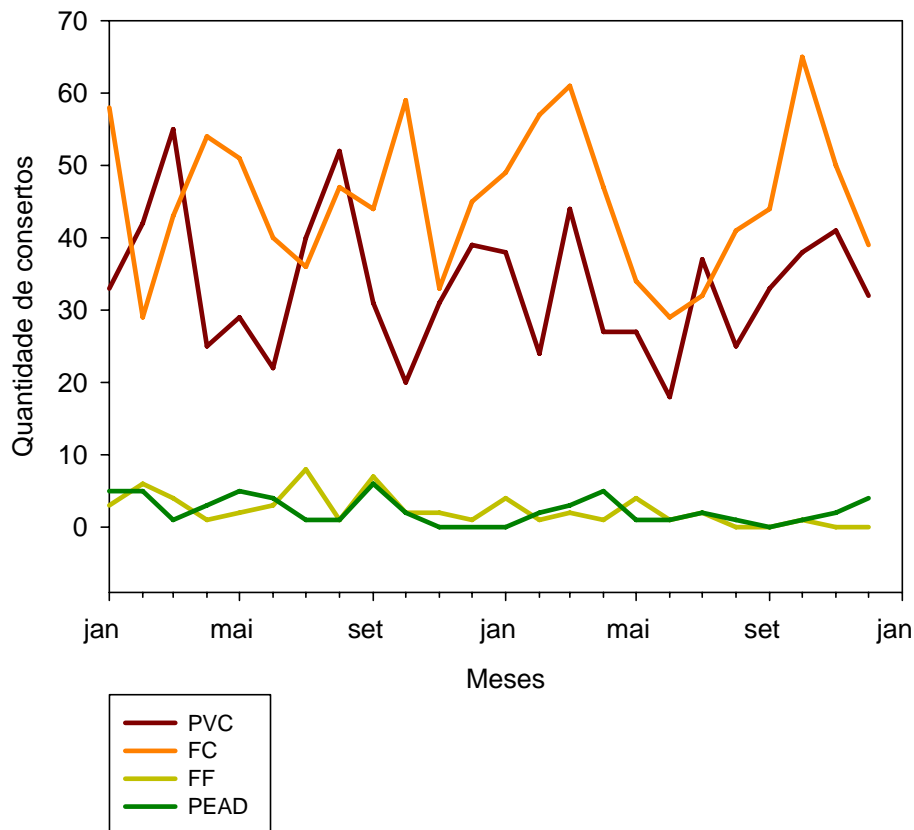
Existe uma diferença significativa ao nível de 99,99% entre as médias dos rompimentos de redes para os diferentes tipos de materiais. Pelo teste de comparação múltipla verificou-se que a média de rompimentos nas redes de fibrocimento e PVC é diferente das demais redes. Somente não foi verificada diferença significativa entre os rompimentos das redes de ferro fundido e PEAD.

Assim, é possível afirmar que as redes de fibrocimento, com média de 45,29 rompimentos por mês, são as redes que mais rompem em Novo Hamburgo. As redes de PVC apresentam média de 33,46 rompimentos/mês, e as redes em ferro fundido e PEAD possuem média de 2,33 e 2,29 rompimentos mensais respectivamente.

Também foi verificada uma diferença significativa ao nível de 99,99% entre os três grupos de diâmetros selecionados para análise. Os rompimentos mensais nas redes finas possuem uma média muito superior (66,27 rompimentos) às redes médias (12,96 rompimentos) e grossas (4,13 rompimentos). Os três tamanhos de redes analisadas são estatisticamente diferentes entre si.



Figura 2: Variação temporal dos rompimentos de rede no município de Novo Hamburgo/RS, nos anos de 2005 e 2006.



Onde: PVC = poli cloreto de vinila; FC = fibrocimento; FF = ferro fundido; PEAD = polietileno de alta densidade.

Apesar de ser verificada uma diferença estatística entre as médias de rompimentos mensais por ANOVA a única diferença significativa ocorreu entre os meses de março (maior média, 106 rompimentos) e junho (menor média, 59 rompimentos). Na comparação entre todos os demais meses não foi verificada diferença significativa. Por isso não foi possível observar alguma alteração no número de rompimentos com o passar dos meses.

Na análise sazonal os resultados encontrados foram similares aos da avaliação mensal. Só foi encontrada diferença significativa entre os rompimentos no verão e no outono, períodos que contemplam os meses de março e junho respectivamente.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

As redes em fibrocimento, apesar de serem cerca de 42% das redes, são as que apresentam maior número de rompimentos totais (54%), que corresponderam as 72% dos custos de manutenção de redes em Novo Hamburgo. A média de rompimentos mensais (aprox. 45) foi estatisticamente superior aos rompimentos nos demais materiais. Também os vazamentos por quilômetro de rede existente foram maiores nas redes de fibrocimento do que nas redes de outros materiais.

Os rompimentos nas redes em fibrocimento ocorrem devido ao grande tempo de utilização desse material, que já está fadigado. Os rompimentos acontecem principalmente na faixa de diâmetros entre 50 e 200 mm. Por



isso a substituição dessas redes deve ser a prioridade da empresa, pois são as que apresentam maiores quantidades de consertos e custos com manutenção.

As redes em PVC, que existem em quantidade semelhante às de fibrocimento, são responsáveis por 44% dos rompimentos. Esses rompimentos acontecem predominantemente em redes de diâmetro 50 mm, que representam 14% dos custos totais. Mas o índice de vazamentos por quilômetro existente não é tão alto se comparado às outras redes da cidade. Assim, a substituição de redes em PVC de diâmetro 50 mm, apesar de importante, pode dar lugar à substituição das redes em fibrocimento no início do programa..

A quantidade de consertos em redes de PEAD e ferro fundido é baixa, com ambas as redes sendo responsáveis por 6% dos consertos e custos. São redes que não dão muitos problemas, por isso não devem ser a prioridade no programa de substituição de redes.

Existe uma diferença significativa entre rompimentos em redes de pequeno, médio e grande diâmetro (finas, médias e grossas). Em relação à porcentagem existente os consertos em redes finas (79,5%) e médias (15,5%) ocorrem em maior quantidade (75% e 12% respectivamente das redes existentes). Já as redes grossas, que são 13% das redes da cidade, são responsáveis por 5% dos vazamentos. Por isso a substituição das redes finas e médias deve ocorrer prioritariamente.

Não foi verificado nenhum padrão sazonal nos rompimentos de rede na cidade. Não é possível afirmar em que meses ou época do ano cada tipo de rede produz mais rompimentos. Mas como o período de amostragem é de somente dois anos esse resultado pode não ser preciso. Por isso um período amostragem maior é necessário para que conclusões mais precisas possam ser feitas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MIRANDA, A. B. Sistemas Urbanos de Água e Esgotos: princípios e indicadores de sustentabilidade. São Carlos. 2003. Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, 2003. 133 p.
2. CONEJO, J.; LOPES, A.; MARCKA, E. Documento Técnico de apoio C2. Panorama dos Sistemas Públicos de abastecimento no País: Casos Selecionados e Estratégias de Combate ao desperdício. Programa Nacional de combate ao desperdício de água. Brasília, 1999. 39 p.
3. TSUTIYA, M. T. Abastecimento de água – 3ª edição. São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. 643 p.
4. ROSTUM, J. Statistical modelling of pipe failures in water networks. Tese de doutorado da Norwegian University of Science and Technology (NTNU). Trondheim, Noruega, 2000. 104 p.
5. Le GAT, Y.; EISENBEIS, P. Using maintenance records to forecast failures in water networks. Urban Water 2, p 173 – 181, 2000.