

APURAÇÃO E ANÁLISE DO PERFIL DE CONSUMO HORÁRIO E CAPACIDADE OCIOSA EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA, UTILIZANDO INTERNET OF THINGS

Felipe Vieira de Luca⁽¹⁾

Engº Sanitarista e Ambiental – UFSC. Pós-Graduação em Gestão Pública – UFSC. Pós-Graduação Programa de Desenvolvimento de Dirigentes – Fundação Dom Cabral. Mestrando em Eng. Civil – UDESC. Coordenador de Micromedição e Faturamento, Engº Sanitarista na Companhia Águas de Joinville – Santa Catarina, atuação em controle de perdas, micromedição, IoT e faturamento. <https://www.linkedin.com/in/felipe-de-luca-595b7aab/>

Lucas Lepinski Golin Freitas⁽²⁾

Graduando em Engenharia Civil – UDESC. Estagiário, atuação em análise de dados, Companhia Águas de Joinville – Santa Catarina.

Edinara Fernanda Werner⁽³⁾

Técnica em Saneamento – Centro Federal de Educacional Tecnológica de Santa Catarina. Técnica em Saneamento, atuação em controle de perdas, micromedição, IoT – Companhia Águas de Joinville – Santa Catarina. Graduação em Pedagogia – UFSC. Graduanda em Serviço Social – Faculdade Uniasselvi.

José Moacir Fabian Júnior⁽⁴⁾

Engº de Controle e Automação – Faculdade Anhanguera. Técnico Industrial com Habilitação em Eletromecânica – SENAI. Fiscal de serviços, atuação em IoT, Companhia Águas de Joinville – Santa Catarina.

Emilly Vitor Fritzen⁽⁵⁾

Gerente de Faturamento e Captação de Clientes, Companhia Águas de Joinville – Santa Catarina. Pós-Graduação em Gerenciamento de Projetos – Anhanguera. Engenheira de Alimentos – UFSC.

Endereço⁽¹⁾: Rua XV de Novembro, 3.950 - Glória - Joinville - Santa Catarina - CEP: 89216-202 - Brasil - Tel: +55 (47) 99286-0005 - e-mail: felipe.luca.81@gmail.com.

RESUMO

O presente estudo contemplou a apuração do perfil de consumo de água horário no município de Joinville, estado de Santa Catarina – Brasil, bem como a comparação dos resultados obtidos com estudos preliminares. Seis categorias de consumidores foram selecionadas: grandes consumidores, comerciais, industriais, residenciais, públicos e matrículas representativas. Os dados de consumo horário foram coletados utilizando-se sistema automatizado de leitura remota, por *Internet of Things* durante período de 51 meses. Utilizando-se de algoritmos elaborados no *software* RStudio, os dados obtidos foram filtrados e subsequentemente utilizados para geração de gráficos de perfil de consumo para cada categoria analisada. Complementarmente um gráfico de perfil de consumo em escala foi gerado para averiguar o grau de representatividade das categorias. Os resultados obtidos foram coerentes com os de estudos preliminares selecionados. Apurou-se ainda a capacidade ociosa do sistema de abastecimento a partir do perfil traçado. Os resultados apresentaram indicativos satisfatórios para possíveis otimização do sistema de abastecimento de água e/ou definições de políticas comerciais.

PALAVRAS-CHAVE: Perfil de consumo horário, Abastecimento de água, *Internet of Things*.

INTRODUÇÃO

O maior desafio encontrado atualmente no que se refere ao recurso água, está relacionado à disponibilidade e distribuição para toda a população, visto da natureza finita e limitada deste recurso. Desta forma, a sociedade contemporânea encontra problemas logísticos e econômicos para a distribuição igualitária de água (Unesco, 2003).

O sistema de distribuição de água urbano, e as companhias responsáveis por estes, utilizam diversos recursos aplicados em áreas como infraestrutura e logística para assegurar o contínuo fluxo de água tratada à população (Zhou *et al.*, 2002). Todavia, o planeta Terra possui diferentes climas e demografias e desta forma, a complexidade e características do sistema de distribuição de água estão intrinsecamente conectadas ao meio

em que este existe (Billings e Jones, 2008). Em suma, o dimensionamento de um sistema de distribuição de água leva em consideração o tamanho da população a ser fornecida água, a fonte de abastecimento, o impacto no meio ambiente, dentre outros fatores.

Um fator importante no processo urbano de distribuição de água é conhecer quais períodos, sejam estes horários ou diários, o consumo de água é maior (Candelieri *et al.*, 2015). Especificamente, conhecer os picos de consumo horário permite que a concessionária quantifique uma demanda operacional, assim sendo possível realizar ajustes no sistema de distribuição (bombas, válvulas e outros equipamentos) acarretando em uma diminuição de custos e menor desperdício de água (Bakker *et al.*, 2013). Quanto maior a amplitude entre o pico de maior consumo horário e de menor consumo horário, maior é capacidade ociosa do sistema de abastecimento da concessionária, e conseqüentemente do sistema de esgotamento sanitário, o qual tem relação direta.

Já no que se refere a área comercial das concessionárias de saneamento, igualmente importante é o conhecimento dos valores de consumo horário. A estrutura tarifária de boa parte das concessionárias, baseia-se na cobrança de um volume mínimo (Dos Anjos Jr, 2011), sendo que as empresas de saneamento brasileiras costumam cobrar um valor mínimo na conta mensal de seus clientes, normalmente vinculada ao direito de consumo, direito de consumir um volume ao mês mínimo de serviços de água e esgoto – em geral 10 m³. Neste contexto a utilização de tarifas horo sazonais, caracterizada por preço diferenciado de acordo com o horário de consumo e sazonalidade anual, apresenta ser uma solução comercial elegante considerando-se que os picos de consumo diário sejam conhecidos.

Para melhor compreender a demanda de água e a amplitude entre os picos de consumo de uma região, uma possível solução se dá por meio do gráfico de **Perfil de Consumo Horário (PCH)** com o intuito de prever a demanda operacional, visto que o sistema de distribuição está relacionado as características do meio em que existe. O PCH expressa o valor médio de consumo de água para cada hora do dia, e varia de acordo com a população analisada: comércios, indústrias e residências possuem diferentes comportamentos de consumo de acordo com suas necessidades hídricas. Em suma, o PCH tem o intuito de prever o consumo de água e como consequência adequar o funcionamento do sistema de acordo com a demanda.

O objetivo deste estudo é elaborar gráficos PCH focando em analisar a demanda horária de água para distintos grupos de consumidores do município de Joinville – SC, assim como analisar a amplitude de consumo e demanda operacional e complementarmente comparar os resultados obtidos com outros estudos da área. Objetiva-se ainda apuração da capacidade ociosa do sistema a qual pode representar oportunidades na otimização do sistema de abastecimento de água e/ou definições de políticas comerciais.

REVISÃO LITERÁRIA

Diversos estudos relacionados aos PCHs e previsão de demanda horária de água foram elaborados ao longo das últimas décadas. Para se diminuir erros nas previsões de demanda é essencial adaptar os diversos modelos de PCH utilizando métodos estatísticos e/ou matemáticos, assim como analisar as circunstâncias regionais da população analisada em cada estudo.

Barreto (2008) realizou um estudo na zona oeste de São Paulo, Brasil, aonde foi abordado quais aparatos sanitários consomem mais água em determinadas horas do dia. Bakker *et al.* (2013) elaboraram um modelo adaptativo que prevê o consumo de água horário de uma região nas próximas 48 horas ou pelos próximos 15 minutos, sendo que este modelo foi aplicado em 6 regiões distintas da Holanda com uma porcentagem de erro variando entre 1,44% a 10,44%. Brentan *et al.* (2017) utilizou regressão por vetores de suporte em conjunto a uma série temporal de Fourier para aperfeiçoar um método de previsão de demanda de água na cidade de Franca, Brasil. Carragher *et al.* (2012) realizaram um estudo com 191 residências na Austrália segmentadas em grupos, salientando a diferença de consumo horário dentre os grupos. Cole e Stewart (2013) utilizaram medidores inteligentes para analisar os diferentes picos de consumo horário e diário de 2.884 residências na cidade de Harvey Bay, Austrália. Zhou *et al.* (2002) analisaram durante um período de 6 anos o consumo de água na cidade de Melbourne, Austrália, resultando em um modelo de previsão com um erro padrão de 162 litros/pessoa/dia.

METODOLOGIA UTILIZADA

a) OBTENÇÃO DE DADOS

Para elaborar um PCH é necessário obter e interpretar dados do sistema de abastecimento de água. Os dados obtidos e subsequentemente utilizados nesse estudo foram obtidos através de sistema de medição remota da Companhia Águas de Joinville. O sistema de *Internet of Things* permite leitura do medidor de forma horária, para cada matrícula (denominação utilizada para identificar uma unidade consumidora de água). Os dados obtidos estão agrupados em vários grupos distintos como Grandes Consumidores, Comerciais, Industriais e Condomínios, dentre outros.

Um grupo de matrículas foi selecionado para representar o comportamento de consumo horário de todo o sistema de medição remota. Estas matrículas foram selecionadas com o intuito de gerar uma boa representatividade de consumo em relação aos grandes consumidores de água da cidade de Joinville.

b) PROCESSAMENTO E ESTATÍSTICA DOS DADOS OBTIDOS

A análise e compilação dos dados assim como a geração dos gráficos PCH foram feitas utilizando algoritmos no *software* RStudio (RSTUDIO Team, 2016).

Como o objetivo de um PCH é prever o consumo de água, os dados analisados foram filtrados para melhor representar o consumo horário de água do município. Neste trabalho, foram utilizados 3 filtros:

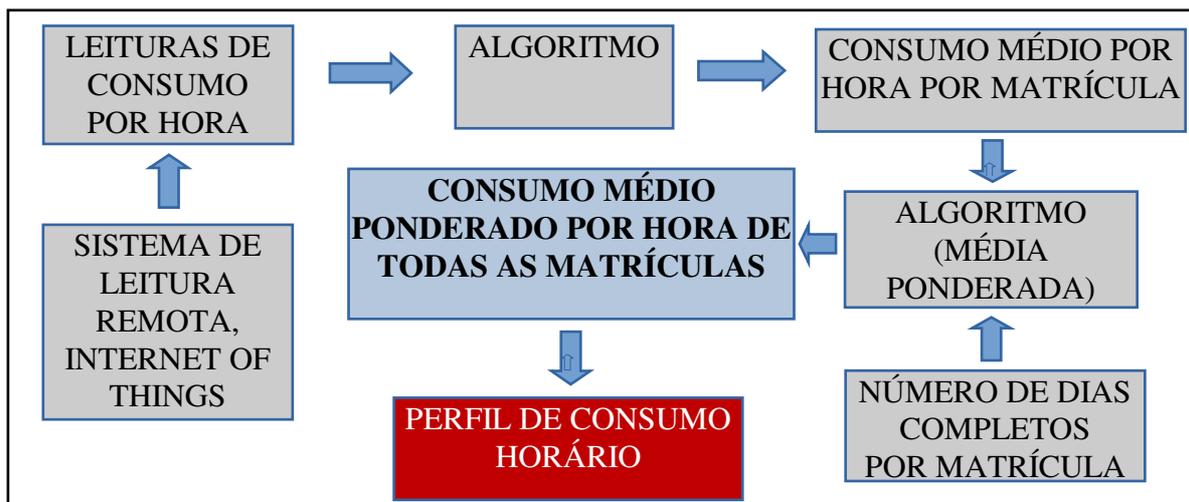
- 1º Filtro: Remover da base de dados qualquer dia que não possua informações de consumo na íntegra, ou seja, caso algum dia apresentou alguma falta de informação de consumo (ocasionadas por erros de leitura ou manutenção no sistema) este dia é automaticamente removido da base de dados.
- 2º Filtro: Remover da base de dados qualquer dia que não houve consumo de água.
- 3º Filtro: Remover da base de dados quaisquer dias que apresentaram consumo anômalo em determinado horário. Consumos anômalos são definidos como erros de leitura do sistema como, por exemplo, consumo negativo ou consumo desproporcionalmente alto.

Desta forma os filtros são utilizados para obter uma base de dados horária, subdividida em dias completos, sendo que um dia completo é definido por 24 leituras de consumo correspondentes ao período das 00:00h até às 23:00h.

Para gerar um gráfico de PCH é necessário conhecer qual o consumo médio geral para cada determinada hora do dia. Para se obter essa informação, utilizou-se de um algoritmo no *software* RStudio, onde foi obtido dados de consumo médio por hora para cada matrícula. Utilizando-se destes dados, é calculada uma média ponderada entre o consumo por hora e o número de dias analisados para cada matrícula respectiva. Esta média ponderada corresponde as informações fornecidas aos eixos do gráfico PCH. O Fluxograma 1 exemplifica melhor o processo de obtenção do consumo médio ponderado por hora.

Cada PCH elaborado provém de um determinado grupo de matrículas analisado, sendo que 6 grupos foram selecionados do sistema de telemetria para análise:

- 1º Grupo: contém os maiores consumidores de água da cidade de Joinville.
- 2º Grupo: contém indústrias e manufaturas registradas no sistema de telemetria.
- 3º Grupo: contém os estabelecimentos comerciais registrados no sistema de telemetria.
- 4º Grupo: contém condomínios e residenciais registrados no sistema de telemetria.
- 5º Grupo: contém as matrículas de organismos e entidades públicas.
- 6º Grupo: contém as matrículas representativas do sistema de telemetria.



Fluxograma 1 – Obtenção da média ponderada de consumo horário

Os dados obtidos no sistema de medição remota possuem uma subdivisão entre as matrículas de grandes consumidores, comércio, indústrias e residências. Desta forma, utilizando-se de algoritmos no RStudio os dados foram separados de acordo para subsequente análise.

Ressalta-se que determinadas matrículas podem estar contidas em mais de um grupo, como por exemplo Grandes Consumidores e Industriais, porém o intuito é analisar integralmente o consumo horário dos grupos analisados e não matrículas individualmente.

Para observar a demanda operacional e a capacidade ociosa de cada grupo analisado foi calculada a diferença, em metros cúbicos, entre o horário de maior consumo do dia com o horário de menor consumo do dia.

c) PERFIL DE CONSUMO HORÁRIO – LITROS POR HORA

Para cada grupo de matrículas foi gerado um gráfico de PCH expressando o consumo médio ponderado de água, em litros, para cada hora do dia. Os gráficos utilizados foram desenvolvidos utilizando o *software* RStudio (RSTUDIO Team, 2016) em conjunto ao pacote ggplot2 (Wickham, 2016).

d) REPRESENTATIVIDADE E COMPARAÇÃO DOS GRUPOS

Para traçar uma comparação gráfica dentre os grupos analisados, e considerando que o consumo se trata de uma variável quantitativa, uma escala ajustável foi criada e adaptada a um gráfico PCH. Para cada grupo, se atribuí 1 ao horário com maior consumo do dia, -1 para o horário com menor consumo do dia e 0 para a média de consumo do dia. A Equação condicional 1 demonstra a conversão de consumo em metros cúbicos para a escala personalizada.

$$\text{Se } C_{i} \geq C_{m} \mid C_{e,i} = (C_{i} - C_{m}) / (C_{\max} - C_{m})$$

$$\text{Se } C_{i} < C_{m} \mid C_{e,i} = -1 * (C_{i} - C_{m}) / (C_{\min} - C_{m})$$

equação (1)

Aonde:

- C_{i} representa o consumo no horário i ;
- $C_{e,i}$ representa o consumo em escala no horário i ;
- C_{m} representa o consumo médio do dia;
- C_{\max} representa o consumo máximo do dia;
- C_{\min} representa o consumo mínimo do dia;

Utilizando-se do consumo em escala obtido para cada grupo pela Equação 1, foi gerado um gráfico PCH contendo o consumo em escala de todos os grupos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram coletados dados do sistema de telemetria durante o período de 01/01/2018 até 31/03/2020 totalizando 907 matrículas, sendo que após a aplicação dos filtros este número diminuiu para 839 matrículas distribuídas entre os 6 grupos – Grandes Consumidores, Estabelecimentos Comerciais, Industriais, Condomínios/Residenciais, Públicos e Matrículas Representativas. Para cada gráfico PCH gerado a amplitude entre o pico de maior consumo horário e de menor consumo é representada pelo símbolo Δv .

a) GRANDES CONSUMIDORES

Após a aplicação dos filtros, o grupo Grandes Consumidores apresentou um total de 34 matrículas analisadas constituindo um total de 7.993 dias analisados contendo 190.392 leituras de consumo horário. A Figura 1 expressa um gráfico PCH demonstrando o consumo médio ponderado de todas as 34 matrículas.

Observando à Figura 1 é possível identificar os horários de maior e menor consumo às 15h00 e 06h00 respectivamente, sendo que a variação de consumo entre esses horários foi na ordem de 2,590 m³. A média de consumo por hora para os grandes consumidores encontrada foi de 4,813 m³.

A Figura 1 também demonstra o comportamento típico do PCH como o esperado de acordo com pesquisas prévias, aonde é possível observar uma declividade durante o período noturno (00h00 -> 06h00) e uma subsequente ascendência a partir do período matutino e finalmente um pico de consumo às 15h00.

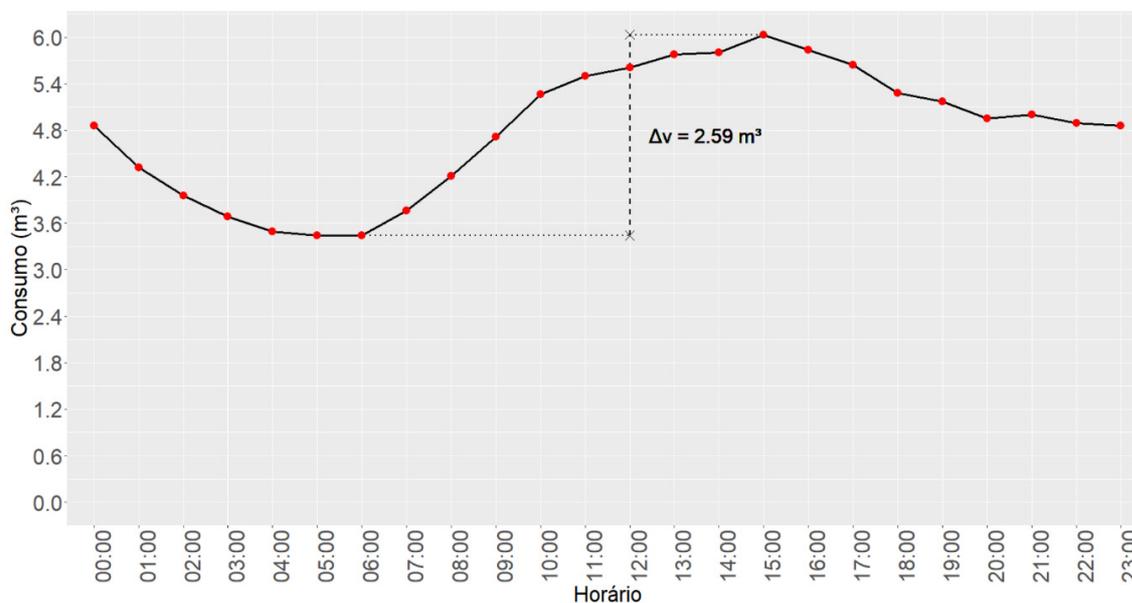


Figura 1 – Perfil de Consumo Horário – Grandes Consumidores de Joinvile

b) ESTABELECIDAMENTOS COMERCIAIS

Foram obtidos dados de 175 matrículas comerciais no sistema de telemetria. Após a aplicação dos filtros, o grupo Comercial apresentou um total de 165 matrículas analisadas constituindo um total de 37.347 dias analisados contendo 896.328 leituras de consumo horário. A Figura 2 expressa um gráfico PCH demonstrando o consumo médio ponderado de todas as 165 matrículas.

Observando à Figura 2 é possível identificar os horários de maior e menor consumo às 13h00 e 06h00 respectivamente, sendo que a variação de consumo entre esses horários foi na ordem de 0,298 m³. A média de consumo por hora para os estabelecimentos comerciais encontrada foi de 0,330 m³.

Assim como os Grandes Consumidores, as matrículas comerciais seguem um padrão de consumo coerente com o encontrado em estudos prévios, um declive seguido de um acréscimo de consumo. Todavia, observando à

Figura 2, percebe-se que o pico de consumo se estende por quase todo o período vespertino (13h00 -> 16h00) com pouca variação.

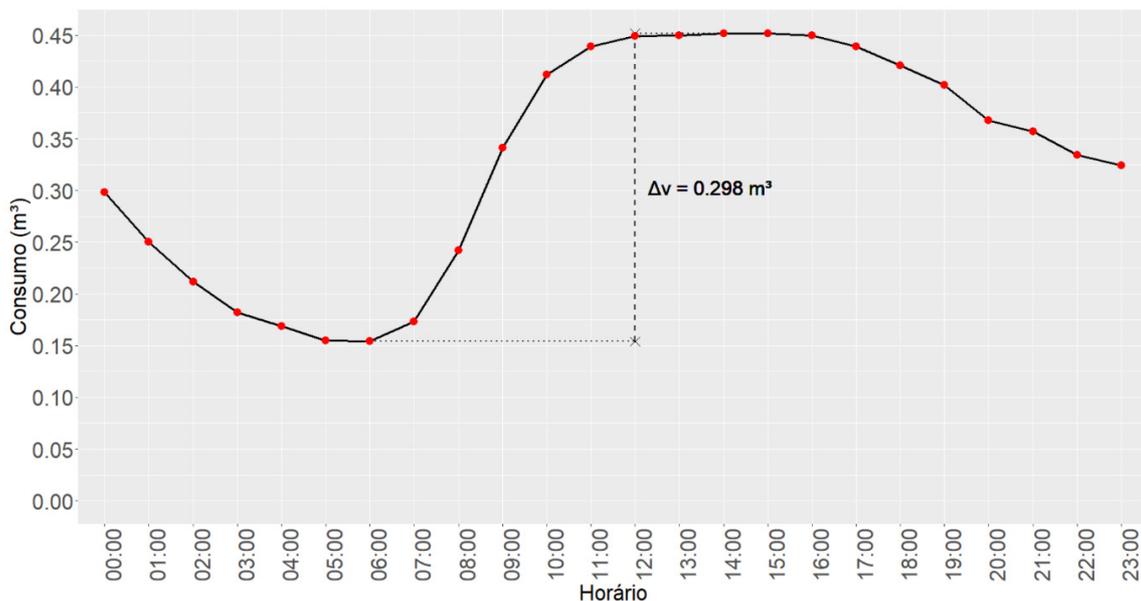


Figura 2 – Perfil de Consumo Horário – Estabelecimentos comerciais

c) ESTABELECEMENTOS INDUSTRIAIS

Foram obtidos dados de 45 matrículas industriais no sistema de telemetria. Após a aplicação dos filtros, o grupo Industrial apresentou um total de 37 matrículas analisadas constituindo um total de 6.328 dias analisados contendo 151.872 leituras de consumo horário. A Figura 3 expressa um gráfico PCH demonstrando o consumo médio ponderado de todas as 37 matrículas.

Observando à Figura 3 é possível identificar os horários de maior e menor consumo às 15h00 e 04h00 respectivamente, sendo que a variação de consumo entre esses horários foi na ordem de 1,497 m³. A média de consumo por hora para matrículas industriais encontrada foi de 3,709 m³.

De forma similar as Figuras 1 e 2, as matrículas industriais seguem um padrão de consumo de decréscimo e acréscimo de consumo.

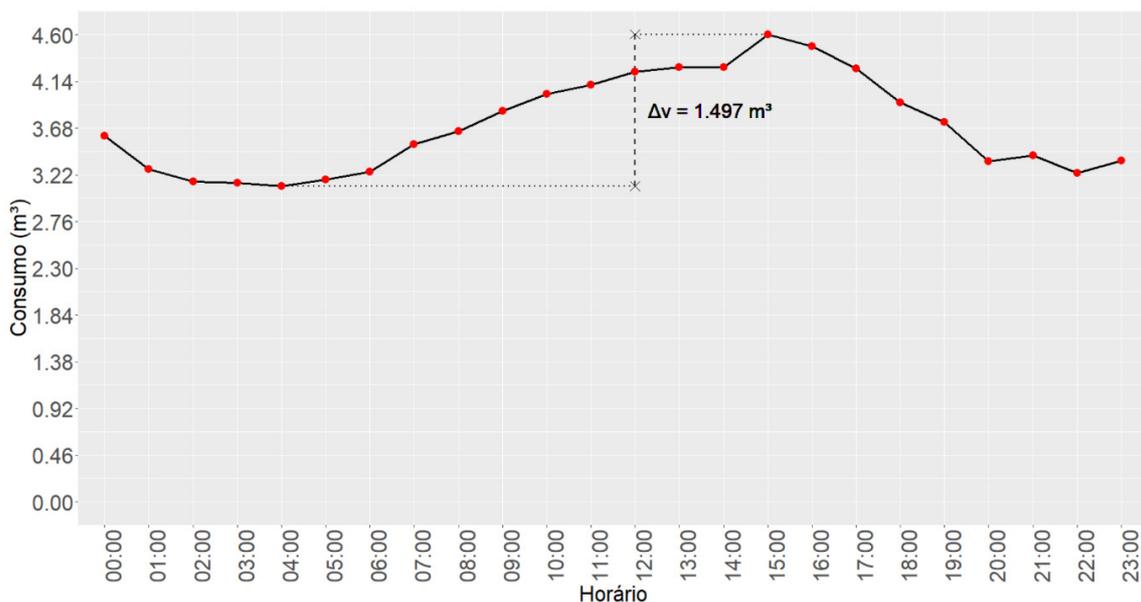


Figura 3 – Perfil de Consumo Horário – Indústrias

d) CONDOMÍNIOS E RESIDENCIAIS

Foram obtidos dados de 450 matrículas de condomínios/residenciais no sistema de telemetria. Após a aplicação dos filtros, este grupo apresentou um total de 415 matrículas analisadas constituindo um total de 93.945 dias analisados contendo 2.254.680 leituras de consumo horário. A Figura 4 expressa um gráfico PCH demonstrando o consumo médio ponderado de todas as 415 matrículas.

Observando à Figura 4 é possível identificar os horários de maior e menor consumo às 13h00 e 06h00 respectivamente, sendo que a variação de consumo entre esses horários foi na ordem de 0,538 m³. A média de consumo por hora para condomínios encontrada foi de 0,517 m³.

Além da Figura 4 apresentar o comportamento de decréscimo e acréscimo como observado nas figuras anteriores, também pode ser observado um segundo pico de consumo no início do período noturno.

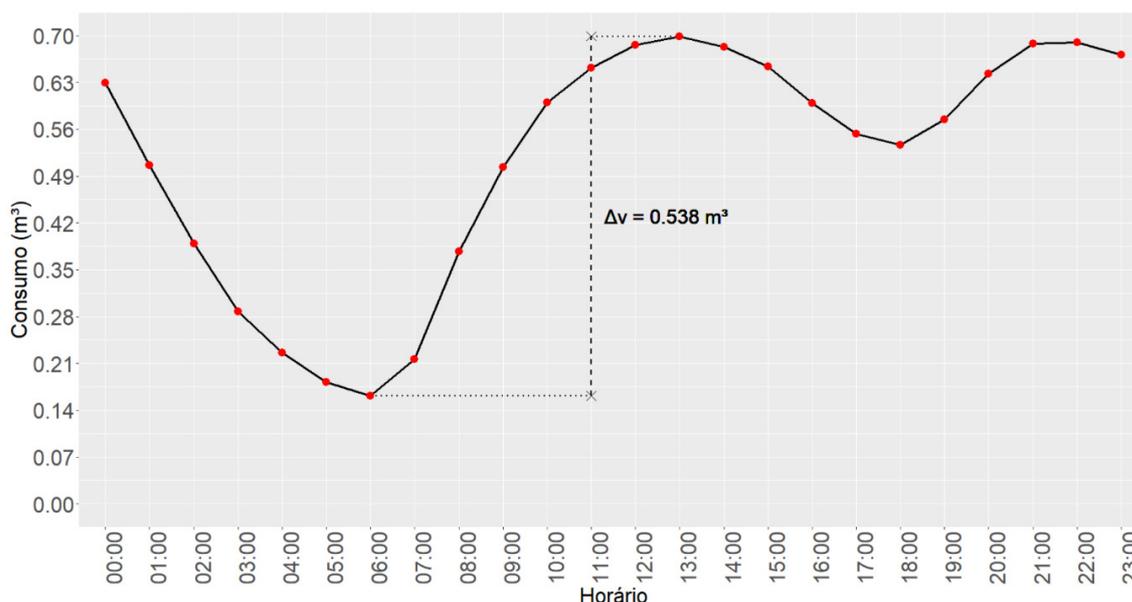


Figura 4 – Perfil de Consumo Horário – Condomínios e Residenciais

e) ESTABELECIMENTOS PÚBLICOS

Foram obtidos dados de 83 matrículas públicas no sistema de telemetria. Após a aplicação dos filtros, este grupo apresentou um total de 76 matrículas analisadas constituindo um total de 13.998 dias analisados contendo 335.952 leituras de consumo horário. A Figura 5 expressa um gráfico PCH demonstrando o consumo médio ponderado de todas as 76 matrículas.

Observando à Figura 5 é possível identificar os horários de maior e menor consumo às 11h00 e 05h00 respectivamente, sendo que a variação de consumo entre esses horários foi na ordem de 0,383 m³. A média de consumo por hora encontrada foi de 0,585 m³.

Além da Figura 5 apresentar o comportamento de decréscimo e acréscimo como observado nas figuras anteriores, também é observado uma leve queda de consumo no período vespertino.

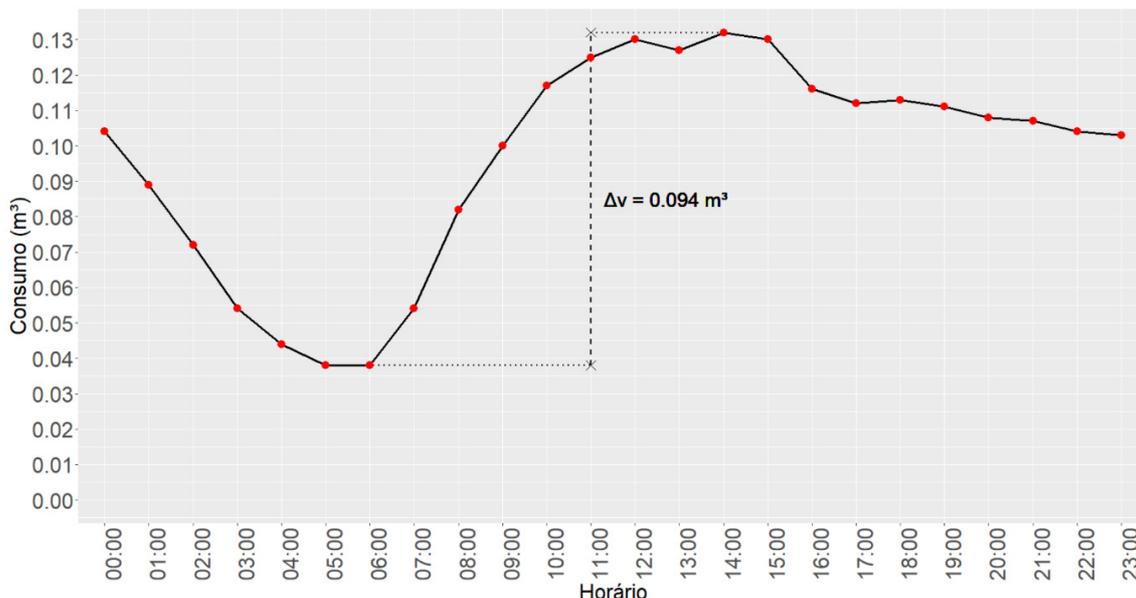


Figura 5 – Perfil de Consumo Horário – Matrículas públicas

f) MATRÍCULAS REPRESENTATIVAS

Foram selecionadas 127 matrículas do sistema de telemetria. Após a aplicação dos filtros, este grupo seletivo apresentou um total de 112 matrículas analisadas constituindo um total de 20.711 dias analisados contendo 497.064 leituras de consumo horário. A Figura 6 expressa um gráfico PCH demonstrando o consumo médio ponderado de todas as 112 matrículas.

Observando à Figura 6 é possível identificar os horários de maior e menor consumo às 14h00 e 06h00 respectivamente, sendo que a variação de consumo entre esses horários foi na ordem de 0,094 m³. A média de consumo por hora encontrada foi de 0,096 m³.

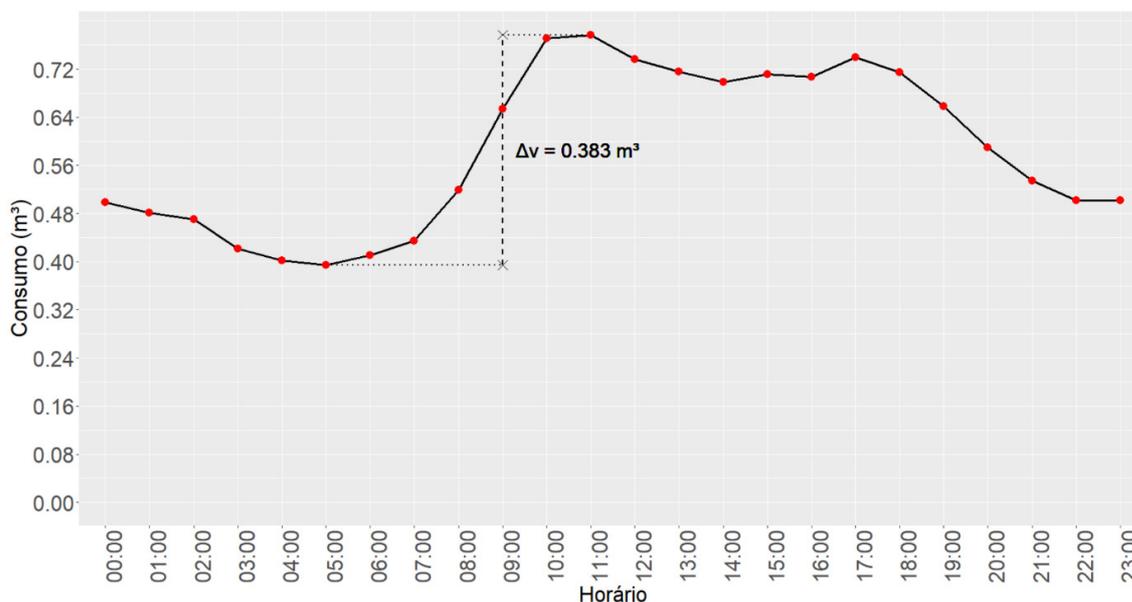


Figura 6 – Perfil de Consumo Horário – Matrículas representativas

g) PCH EM ESCALA

A Figura 7 expressa um gráfico PCH em escala, demonstrando o comportamento de consumo dentre os diferentes grupos analisados.

A Figura 7 demonstra a similaridade no comportamento de consumo dentre os grupos analisados. Com exceção do período noturno, todos os grupos seguem um padrão similar de diminuição e aumento de consumo, nessa ordem, ao longo do dia. Para todos os grupos o pico de maior e menor consumo ocorrem, respectivamente, durante o período vespertino e matutino.

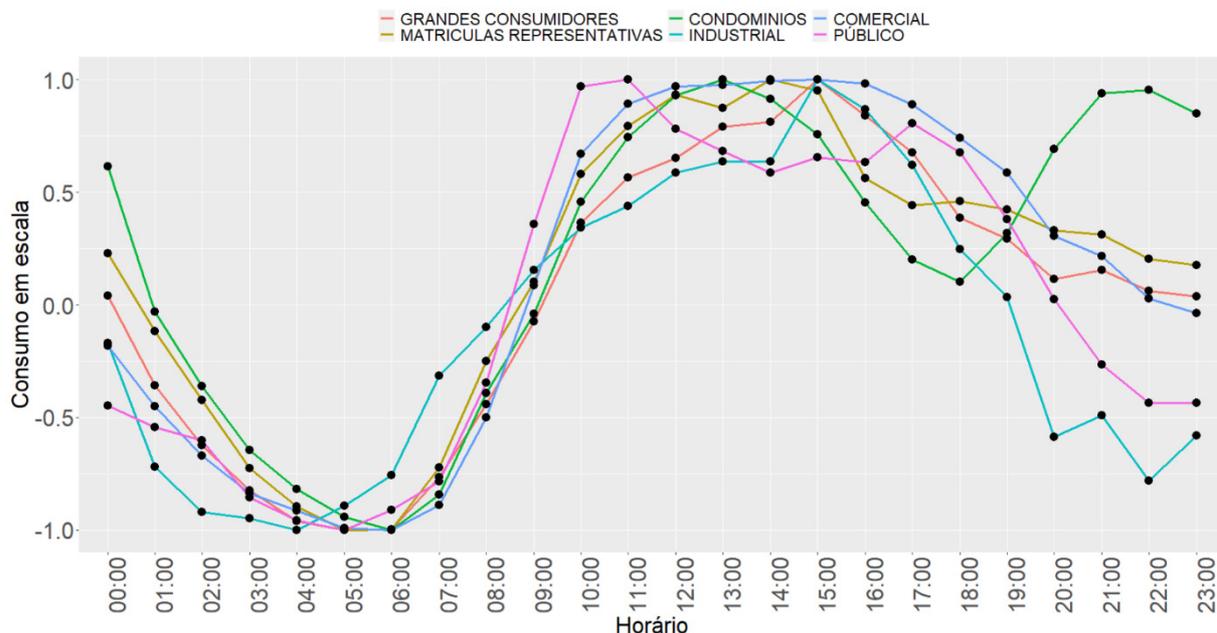


Figura 7 – Perfil de Consumo Horário em escala

h) CAPACIDADE OCIOSA

A capacidade ociosa do sistema de abastecimento a partir do perfil traçado, é demonstrada na tabela 1. Os cálculos foram realizados em planilha Excel. A capacidade ociosa é apurada a partir da subtração do Maior valor horário de consumo do sistema de abastecimento, pela Média horária de consumo do sistema de abastecimento (m^3).

	Maior valor diário PCH (m^3)	Menor valor diário PCH (m^3)	Média valor diário PCH (m^3)	Amplitude PCH	Relação (Maior valor diário PCH (m^3)) e (Média valor diário PCH (m^3))	Relação (Menor valor diário PCH (m^3)) e (Média valor diário PCH (m^3))	Volume micromedido da cidade (Mensal)	Volume micromedido da cidade (Diário)	Média horária de consumo do sistema de abastecimento (m^3)	Maior valor horário de consumo do sistema de abastecimento (m^3)	Menor valor horário de consumo do sistema de abastecimento (m^3)	Capacidade Ociosa [m^3]
Comercial	0,452	0,154	0,330	0,298	137%	47%	223.797	7.460	311	426	145	115
Indústria	4,603	3,105	3,709	1,498	124%	84%	115.713	3.857	161	199	135	39
Residência	0,699	0,161	0,517	0,538	135%	31%	2.676.065	89.202	3.717	5.025	1.157	1.308
Pública	0,777	0,394	0,585	0,383	133%	67%	59.846	1.995	83	110	56	27
TOTAL	-	-	-	-	-	-	3.075.421	102.514	4.271	5.761	1.493	1.489

Tabela 1 – Cálculo da Capacidade Ociosa do Sistema de Abastecimento de Água

CONCLUSÃO

Para todos os grupos analisados percebe-se uma demanda menor de água durante o período matutino e maior durante o período vespertino. Isso indica que o sistema de abastecimento de água deve se adequar de forma que utilize a maior parte de seus recursos operacionais durante o período vespertino.

O comportamento dos gráficos PCH elaborados seguem um padrão similar para todos os grupos: decréscimo de consumo no início do dia seguido por um acréscimo de consumo no período matutino e finalmente um pico de consumo durante o período vespertino. Este comportamento é similar aos resultados encontrados na revisão literária deste artigo.

Foi possível observar que a diferença entre os picos de menor e maior consumo é mais evidente para os grupos comerciais e de condomínios. Este fato pode ser explicado pelo grande número de indústrias que possuem períodos de trabalho noturno e processos industriais que elevam o consumo de água durante o período noturno, resultando em uma diminuição da diferença entre os picos de baixo e alto consumo.

Importante frisar que investimentos e a manutenção dos custos para atendimento ao horário de ponta, acaba por onerar em demasiado as concessionárias de saneamento. Esta situação promove uma tendência de declínio, em termos de estrutura instalada versus resultado de lucratividade.

Neste contexto surge uma oportunidade para que concessionárias busquem diminuir este delta (pico-vale), através da instalação de sistema de reservação inteligente e/ou estabelecimento de estrutura de tarifação horária ou horo-sazonais, estimulando consumo em horários próximos do vale, como ocorre na tarifação branca nas concessionárias de energia elétrica. Estas ideias tendem a promover o adiamento de investimentos como ampliações de sistemas produtores de água (captações e estações de tratamento), e redes de abastecimento (adutoras, sub-adutoras, redes locais), além de minimizar custos operacionais, tornando a concessionária economicamente mais eficiente. Os resultados deste estudo de caso apresentaram indicativos satisfatórios para possíveis otimização do sistema de abastecimento de água e/ou definições de políticas comerciais neste contexto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARRETO, D. *Perfis do consumo residencial e usos finais de água. Ambiente Construído*, v.8, p. 23-40. 2008.
2. BAKKER, M., VREEBURG, J., VAN SCHAGEN, K., RIETVELD, L. *A fully adaptive forecasting model for short-term drinking water demand. Environmental Modelling & Software*, v.48, p. 141-151. 2013.
3. BILLINGS, R., JONES, C. *Forecasting Urban Water Demand. Denver, Colo.: American Water Works Association*. 2008.
4. BRENTAN, B., LUVIZOTTO JR., E., HERRERA, M., IZQUIERDO, J., PÉREZ-GARCÍA, R. *Hybrid regression model for near real-time urban water demand forecasting. Journal of Computational and Applied Mathematics*, v.309, p. 532-541. 2017.
5. CANDELIERI, A., SOLDI, D., ARCHETTI, F. *Short-term forecasting of hourly water consumption by using automatic metering readers data. Procedia Engineering*, v.119, p. 844-853. 2015.
6. CARRAGHER, B., STEWART, R., BEAL, C. *Quantifying the influence of residential water appliance efficiency on average day diurnal demand patterns at an end use level: A precursor to optimised water service infrastructure planning. Resources, Conservation and Recycling*, v.62, p. 81-90. 2012.
7. COLE, G., STEWART, R. *Smart meter enabled disaggregation of urban peak water demand: precursor to effective urban water planning. Urban Water Journal*, v.10(8), p. 174-194. 2013.
8. DOS ANJOS JR, A.H. *Gestão estratégica do saneamento: Manole Ltda. Barueri, São Paulo*. 2011.
9. HOMWONGS, C., SASTRI, T., FOSTER, J. *Adaptive Forecasting of Hourly Municipal Water Consumption. Journal of Water Resources Planning and Management*, v.120(6), p. 888-905. 1994.
10. RSTUDIO TEAM. *RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Estados Unidos da América, Boston*, 2016. Disponível em: <http://www.rstudio.com/>. 2016.

12. UNESCO. The United Nations World Water Development Report: Water for People Water for Life. United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization, Nova York. 2013. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000129556>. Acesso em: 07 Abr. 2019.
12. WICKHAM H. ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag New York. ISBN 978-3-319-24277-4. 2016. Disponível em: <https://ggplot2.tidyverse.org>.
13. ZHOU, S., MCMAHON, T., WALTON, A., LEWIS, J. *Forecasting operational demand for an urban water supply zone. Journal of Hydrology*, v.259(1-4), p. 189-202. 2002.