

## A PRODUTIVIDADE NA EXECUÇÃO DE ADUTORAS DE ÁGUA

**Odívio da S. Rezende Neto (1); Ubiraci E. L. de Souza (2); Carla A. Sautchúk (3)**

(1) Dep. de Construção Civil, Escola Politécnica da USP, [odivio.rezende@poli.usp.br](mailto:odivio.rezende@poli.usp.br)

(2) Dep. de Construção Civil, Escola Politécnica da USP, [ubiraci.souza@poli.usp.br](mailto:ubiraci.souza@poli.usp.br)

(3) Dep. de Construção Civil, Escola Politécnica da USP, [csautchuk@dtcengenharia.com.br](mailto:csautchuk@dtcengenharia.com.br)

### RESUMO

O presente trabalho apresenta um estudo realizado para medir a produtividade da mão-de-obra na execução de adutoras de água empregando tubulações de PVC com juntas elásticas integradas. Tal estudo foi realizado em obra de uma adutora executada pelo Serviço de Água e Esgoto de Pirassununga (SAEP), a qual compreendeu uma extensão aproximada de três km com diâmetro de 400 mm. O método utilizado na medição da produtividade foi o método dos fatores, que analisa a produtividade no âmbito da equipe envolvida na execução da obra, com resultados de produtividade para cada subtarefa e para o serviço realizado por completo.

Palavras-chave: produtividade da mão-de-obra, adutora de água, saneamento básico, materiais, PVC.

### 1. INTRODUÇÃO

A situação do saneamento básico no Brasil é uma das grandes questões nacionais. Segundo levantamentos realizados pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) em 1998, quase 25% dos domicílios brasileiros não eram atendidos por rede de distribuição de água, enquanto que 55%, aproximadamente, dos domicílios não tinham acesso a sistemas de esgotamento sanitário (Dossiê do Saneamento Básico, 2000). Estes dados dão uma dimensão da situação do saneamento básico em nosso país, sendo um dos indicadores da baixa qualidade de vida da população brasileira.

Para mudar esta situação alguns esforços estão sendo feitos pelos diversos níveis governamentais, quais sejam: federal, estadual e municipal; bem como a sociedade como um todo já está exigindo dos responsáveis pelo setor, através de associações e entidades não governamentais, medidas que reduzam estes índices de não atendimento. Além disso, novos materiais/componentes estão sendo desenvolvidos pela indústria do setor, objetivando a redução dos custos de implantação e manutenção dos sistemas de saneamento básico. Foi neste cenário que foram desenvolvidos os sistemas de PVC para transporte e distribuição de água. Apesar destas iniciativas, é necessário que se melhore a gestão dos recursos envolvidos na execução dos sistemas; sendo que estudos como este – feito de forma acadêmica e profissional, sejam de grande valia para a gestão destes recursos.

Com o objetivo de avaliar o desempenho de produtividade da mão-de-obra na execução das adutoras de água com material plástico foi realizado o estudo que é apresentado neste trabalho, o qual contou com a cooperação do Serviço de Água e Esgoto de Pirassununga (SAEP) e do CEDIPAC – Soluções para o Habitat Humano, durante obra realizada no período de 17/07 a 06/09/2000 na cidade de Pirassununga. A adutora implantada foi projetada para operar sob pressão da gravidade, resultante da diferença de cota existente entre os dois pontos de ligação, ou seja, entre o reservatório da estação de tratamento e um dos reservatórios de distribuição de água da cidade.

Com estas breves informações sobre o assunto discutido neste artigo, têm-se os seguintes tópicos a serem tratados: a conceituação dos sistemas de abastecimento de água e suas partes; a metodologia utilizada para a medição da produtividade da mão-de-obra na execução das obras; apresentação do estudo de caso com dados de produtividade; e, finalmente, concluiu-se o artigo com informações globais de produtividade para as diferentes situações ocorridas durante a obra.

## 2. SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

É um conjunto de obras, instalações e serviços, destinados a produzir e distribuir água a uma comunidade, em quantidade e qualidade compatíveis com as necessidades da população, para fins de consumo doméstico, comercial, industrial, serviços públicos e outros fins (Manual do Saneamento – FUNASA, 1999).

Os sistemas de abastecimento de água são constituídos pelas partes presentes na Figura 1, sendo que a presença de cada uma dessas partes vai depender das necessidades de cada projeto, pois várias são as formas existentes para o abastecimento de água de uma cidade ou comunidade.

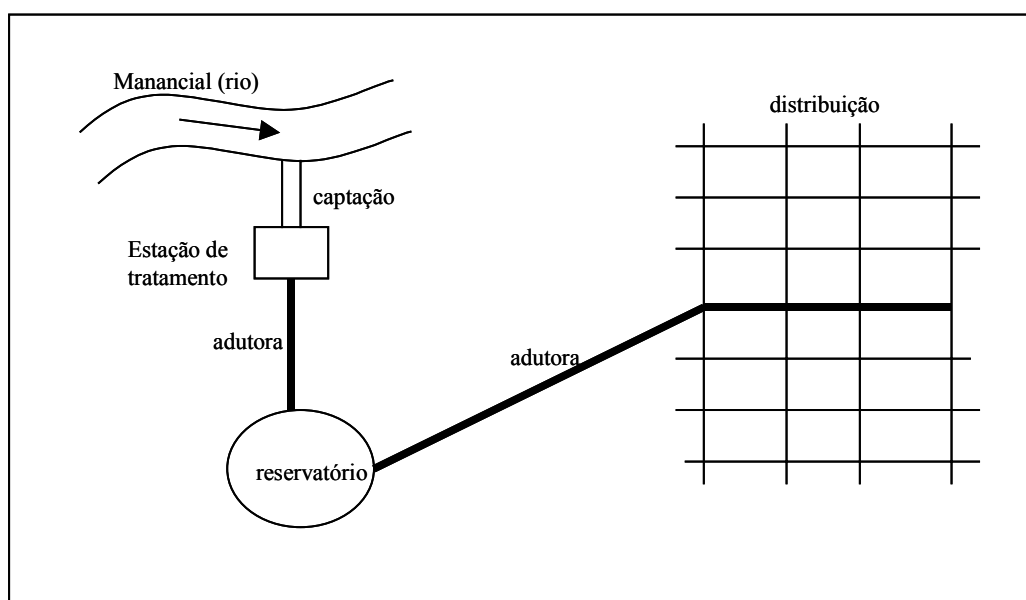


Figura 1 – Partes de um sistema de abastecimento de água

O sistema apresentado na Figura 1 corresponde ao sistema mais comum utilizado no sistema de abastecimento de água, sendo formado pelas unidades de captação, tratamento, adução, reservação e distribuição da água.

### 2.1 Adução da Água

A adução da água é realizada através de adutoras, que são as canalizações que conduzem a água entre as partes do sistema que precedem a rede de distribuição. As adutoras são compostas por tubulações, conexões (curvas, tês, reduções etc.) e acessórios (registros, válvulas etc.), e podem ser construídas utilizando materiais como o PVC de alta pressão, o ferro fundido, o aço, a fibra de vidro impregnada com poliéster e o polietileno de alta densidade (Sistemas de Abastecimento de Água – PHD, 1995/1996).

## 2.2 Execução das Adutoras

As etapas de execução das adutoras de água, utilizando-se qualquer dos materiais citados anteriormente, passa por diversas etapas ou subtarefas. As etapas construtivas apresentadas a seguir são as que foram realizadas na execução da adutora apresentada neste trabalho, sendo que algumas delas deixou de acontecer em um trecho da adutora, devido a este não estar em área pavimentada e habitada. Têm-se, então, as seguintes etapas:

- Locação da vala e corte de pavimentação asfáltica;
- Abertura da vala;
- Assentamento das tubulações, conexões e acessórios;
- Reaterro compactado;
- Repavimentação da via pública.

A locação da vala deve ser feita de acordo com o alinhamento exposto em projeto, sendo que o meio utilizado para tal vai depender da pavimentação existente. Já o corte da pavimentação asfáltica é realizado, de preferência, com equipamento próprio para esta finalidade, o que facilita a remoção do pavimento, quando da abertura da vala, e limita a área de escavação da vala (veja Figura 2).

A abertura da vala foi realizada com o emprego de uma retro-escavadeira, sem necessidade de escoramento e de esgotamento da vala (veja Figura 3). Nesta fase da obra os cuidados devem ser redobrados pelo operados da retro-escavadeira, pois existem grandes possibilidades de rompimento de tubulações existentes (águas pluviais, redes de esgotos, galerias ect.), principalmente quando não é possível contar com um cadastro atualizado destes sistemas.



Figura 2 – Indicação da marcação da vala e corte do pavimento asfáltico sendo realizado.



Figura 3 – Abertura da vala com a retro-escavadeira.

A diferença maior na execução de adutoras com diferentes materiais, está na etapa de assentamento das tubulações, conexões e acessórios. Dessa forma, enquanto alguns materiais fazem as uniões entre os seus componentes com juntas de anéis de borracha, outros empregam juntas com soldagem metálica ou com travamento de encaixe, o que pode representar uma grande diferença de produtividade da mão-de-obra no resultado final do serviço realizado. No caso apresentado neste trabalho, as tubulações utilizadas foram de PVC com junta elástica integrada, e as conexões e registros de ferro fundido. Este tipo de tubulação não permite que haja erros na colocação dos anéis de borracha por parte dos operários, pois elas já são fabricadas com os anéis integrados (a Figura 4 mostra o assentamento da tubulação, o qual é feito com o auxílio da própria retro-escavadeira).

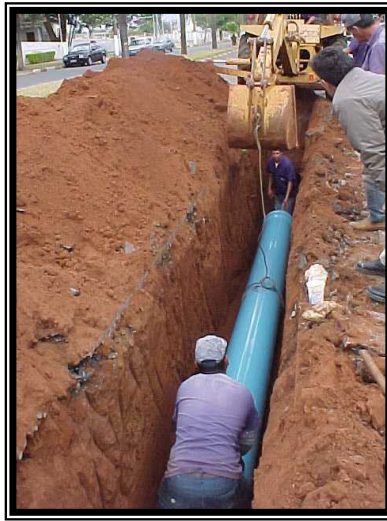


Figura 4 – Assentamento da tubulação.

Na etapa de reaterro utilizou-se, também, da retro-escavadeira para fazer o reenchimento da vala – que foi realizado com o mesmo material escavado – e de um equipamento mecânico de compactação; sendo utilizado a retro na compactação final do reaterro, quando os pneus eram passados sobre o material a ser compactado (veja Figuras 5 e 6). Já para o trecho sem pavimentação o reaterro foi realizado utilizando-se a retro-escavadeira e uma pá-carregadeira, pois neste trecho não era necessária uma compactação como a executada no trecho anterior, devido estar localizado em área não habitada.

Finalmente a etapa de repavimentação da via pública, realizada após o reaterro compactado. As fases de execução da repavimentação são: regularização do reaterro com enxada e compactador mecânico, colocação de piche, colocação do material asfáltico e compactação deste. A Figura 7 mostra esta etapa da execução da obra.

Outro aspecto que merece destaque é a questão do manuseio dos componentes durante a realização das obras, ou seja, componentes de materiais que mereçam grandes cuidados no manuseio e sejam mais pesados, tendem a ter a produtividade prejudicada.



Figura 5 – Reenchimento da vala pela retro.



Figura 6 – Compactação mecânica da vala.





Figura 7 – Reconstituição do pavimento asfáltico (repavimentação).

### 3. METODOLOGIA DO ESTUDO

A pesquisa aqui apresentada foi realizada em algumas etapas, as quais possibilitaram os resultados mostrados nos itens seguintes. Em primeiro lugar foi feito um levantamento preliminar de informações sobre as adutoras de água, utilizando-se de pesquisa bibliográfica, consulta a especialistas e visita a obras, objetivando-se conhecer melhor as fases de execução da obra e os componentes envolvidos na sua implementação. Além disto, a equipe envolvida na pesquisa já havia realizado outras pesquisas com este tipo de obra, sendo o objeto de estudos as redes coletoras de esgotos sanitário.

Em seguida, definiu-se o método para a medição da produtividade da mão-de-obra a ser utilizado na pesquisa, o qual abrange as fases de coleta e processamento dos dados e análise dos resultados. O método adotado foi o Método dos Fatores, que faz o estudo da produtividade da equipe envolvida na execução da obra e por sub tarefa, e utiliza a unidade de produtividade chamada RUP, definida no próximo item.

A etapa seguinte foi o desenvolvimento das planilhas de coleta dos dados, treinamento da pessoal responsável pela coleta dos dados e aplicação das planilhas em campo, para verificar possíveis erros ou modificações que fossem necessárias. A coleta dos dados foi realizada diariamente por uma pessoa contratada especialmente para a realização do serviço, tendo uma orientação e acompanhamento periódico por parte dos pesquisadores envolvidos na pesquisa.

A etapa final foi a de avaliação dos resultados obtidos, feita à medida que os dados eram processados e no término dos trabalhos de processamento. O processamento e análise dos dados ficaram a cargo dos pesquisadores envolvidos na pesquisa, os quais estavam em São Pulo/SP.

### 4. PRODUTIVIDADE NA EXECUÇÃO

A produtividade consiste na eficiência de transformar esforço humano em serviço. Para que se possa medir a produtividade da mão-de-obra utiliza-se, neste trabalho, um índice parcial denominado de Razão Unitária de Produção – RUP. Este índice relaciona os homens-hora despendidos (entradas) à quantidade de serviços realizados (saídas), SOUZA (1996). Tem-se, então, de acordo com a definição exposta que:

$$\text{RUP} = \text{Homens hora/quantidade de serviço} = \text{Hh/Qs}$$

#### 4.1 Padronização da RUP

Os valores de homens-hora e as quantidades de serviços executados devem ser levantados de maneira a ter dados de coleta que represente a realidade da obra pesquisada. Para que isto ocorra, é necessário padronizar a coleta de homens-hora e as quantidades equivalentes de serviços, o que só é possível treinando os responsáveis pelo levantamento dos dados em campo. Assim, o treinamento de uma pessoa para fazer diariamente a coleta dos dados e a definição de início e fim de cada subtarefa do serviço em execução, é de fundamental importância para o sucesso da pesquisa.

No que diz respeito à quantidade de homens-hora é necessário determinar o tempo que cada componente da equipe ficou disponível para o trabalho, bem como a sua distribuição entre as diversas atividades durante o dia de trabalho. Quanto à quantificação dos serviços, pode-se avaliar sobre dois pontos de vista: global ou por subtarefa. Sob o ponto de vista global, a execução do serviço adutora é vista como uma somatória das atividades de execução, enquanto que nas subtarefas, a avaliação é feita por cada fase de realização da obra, ou seja, abertura da vala, assentamento dos componentes da adutora, reaterro e repavimentação.

Para o estudo da produtividade da mão-de-obra foram consideradas algumas possibilidades distintas: a primeira delas é o cálculo da RUP diária; a segunda é o cálculo da RUP cumulativa; e a última é o cálculo da RUP potencial. Estas RUPs são calculadas para cada subtarefa e para o serviço global da adutora. Para uma melhor compreensão, apresenta-se a seguir a definição de cada um dos tipos de RUP consideradas neste trabalho, citadas por SOUZA (1996).

- RUP Diária – é a razão unitária de produção quando as medidas de entrada e saída referem-se a um dia de trabalho.
- RUP Cumulativa – é a razão unitária de produção quando as medidas dizem respeito ao período de tempo que vai do início da coleta até o dia da apropriação.
- RUP Potencial – é a razão unitária de produção que apresenta a produtividade potencial da equipe em estudo, sendo calculada através da mediana das RUPs diárias menores que a RUP cumulativa do período levantado.

#### 5. ESTUDO DE CAMPO

O estudo de campo foi realizado na cidade de Pirassununga, estado de São Paulo, sendo a obra uma adutora de 400 mm de diâmetro e extensão de três km, que fez a ligação do reservatório da estação de tratamento de água ao reservatório de distribuição, situado dentro do pátio do SAEP. A obra foi realizada pelo corpo técnico do SAEP, que foi responsável também pelo projeto.

A implantação da obra contou com duas equipes: uma responsável pela execução da adutora (locação da vala, corte do pavimento, abertura da vala, assentamento das tubulações, e reaterro) e outra responsável pela repavimentação, sendo que esta só trabalhava na obra durante a realização da repavimentação, estando no restante do dia responsável por outros serviços na cidade. A equipe de execução da adutora não trabalhava às sextas feiras, pois este dia era reservado para se fazer a repavimentação do trecho executado no dia anterior e limpeza da avenida, a qual era o principal ponto de diversão da cidade nos finais de semana e, por isso, deveria estar livre para tal finalidade.

A coleta dos dados foi realizada por um apontador e abrangeu uma extensão de 2.900 m, durante o período de 19/07 a 06/09/00. O apontador ficava quatro horas por dia na obra, de segunda a Sexta feira, levantando todas as informações e dados ocorridos durante o dia de trabalho, fazendo, inclusive, perguntas para o responsável pelas equipes sobre anormalidades ocorridas nas horas em que ele não estava presente.

	Características da obra	Diâmetro tubulação (mm)	Profundidade média da vala (m)	Pavimentação	Compactação		
		400	1,80	inexistente	R; PC		
Tipo de RUP	RUP (Hh/ml) marcação vala	RUP (Hh/ml) abertura da vala	RUP (Hh/ml) assentamento da tubulação	RUP (Hh/ml) reaterro da vala	RUP (Hh/ml) repavimentação	RUP Global (Hh/ml)	
						sem paralização	com paralização
Cumulativa	0,010	0,220	0,090	0,090	-	0,394	0,526
Potencial	0,002	0,171	0,047	0,037	-	0,267	0,320

Onde: R = retro-escavadeira  
PC = pá-carregadeira

Os dados apresentados nas duas tabelas acima podem ser interpretados segundo as seguintes constatações:

- A RUP Potencial deve servir de referência da produtividade alcançada para este tipo de obra, nas duas situações estudadas, ou seja, em vias pavimentadas com asfalto e não pavimentadas;
- Os resultados mostram os efeitos das paralisações no valor da produtividade, evidenciando o cuidado que se deve ter com tais paralisações e a sua influência no resultado global da produtividade;
- No trecho executado em via pública sem pavimentação, os resultados (Tabela 2) refletem a forma como são executadas as adutoras neste tipo de situação: marcação da vala feita de forma mais simples (aplicação de uma *linha* de cal pelo operário sobre o terreno); sem necessidade de corte de pavimentação; reaterro feito sem a devida compactação, utilizando-se da própria retro e de pá-carregadeira auxiliar; inexistência de repavimentação; e uma maior liberdade de movimentação para a operação da retro-escavadeira, devido o trecho ser uma área descampada.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de ser uma obra realizada com o mesmo tipo de material em toda sua extensão, pode-se notar, pelos dados apresentados nas tabelas 1 e 2, que o tipo de obra a ser realizado tem uma grande importância no resultado global da produtividade. Tem-se, assim, nesta pesquisa dados de produtividade que podem servir de referência para obras executadas nestas duas situações, ou seja, em área urbana com pavimentação e sistemas de infraestrutura (rede de drenagem, galerias de telecomunicações, rede de esgotos sanitários e de água potável etc.) já existente, e em área sem pavimentação e sem nenhum tipo de infraestrutura que pudesse dificultar a execução da adutora.

Constata-se que é de fundamental importância que estudos deste tipo sejam feitos com o objetivo de se terem dados de produtividade dos diferentes tipos de obras e tecnologias, subsidiando, dessa forma, a orçamentação e a gestão da obra antes e durante sua execução, como já vem acontecendo há algum tempo nas obras de construção civil de edificações.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FUNASA. **Manual do Saneamento**, 3ª ed., 374p, 1999, Brasília. Ministério da Saúde -Fundação Nacional da Saúde.

PHD. **Sistema de Abastecimento de Água**, 216p, 1995/1996, São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

SOUZA, Ubiraci E. L. **Metodologia para o estudo da produtividade da mão-de-obra no serviço de formas para estruturas de concreto armado**. São Paulo, 1996. 280p. Tese de Doutorado apresentada na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.