

# Emprego do amido de araruta gelatinizado com hidróxido de sódio como auxiliar de floculação de águas para abastecimento

José Roberto Campos  
M. Bernadete S. Vieira  
Luiz V. de Campos Jr.

## RESUMO

Desde 1980 o Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos, USP, vem desenvolvendo uma série de pesquisas relacionadas com o emprego de polímeros naturais como auxiliar de floculação de águas.

Inicialmente foi estudado o amido de batata, e, posteriormente as pesquisas se estenderam para o amido de outras fontes, tais como: araruta, mandioca, arroz, milho, cará etc. O processo utilizado para gelatinização do amido, antes da aplicação, consistia basicamente no aquecimento de uma solução desse material, em concentração e temperatura apropriadas.

Em etapas posteriores desta série de pesquisas foi estudado o processo de gelatinização do amido a frio, empregando-se hidróxido de sódio em solução concentrada. Os testes realizados nessa ocasião demonstraram que o amido gelatinizado a frio apresenta eficiência (como auxiliar de floculação) ligeiramente inferior ao amido gelatinizado a quente, porém esse fato não chega a prejudicar sua utilização, tendo em vista as grandes vantagens decorrentes da não exigência de equipamento adicional para esse fim.

O presente trabalho abrange os estudos mais recentes desenvolvidos nessa linha de pesquisa, e envolve, especificamente, o emprego de amido de araruta gelatinizado com hidróxido de sódio.

Foram realizados ensaios de floculação no Laboratório de Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos e testes, em escala natural, na Estação de Tratamento de Água da cidade de São Carlos, SP.

Os resultados obtidos nessa estação de tratamento confirmam a aplicabilidade de amido como auxiliar de floculação, assim como as facilidades operacionais do sistema de preparação e dosagem.

Na referida estação de tratamento de água foram aplicadas dosagens de amido de araruta iguais a 0,1 mg/l; 0,5 mg/l e 1,0 mg/l.

Quando foram utilizadas as dosagens de 1 mg/l e 0,5 mg/l, foi verificada melhoria na qualidade da água tratada, e, no segundo caso, foi também testa-

da e confirmada a possibilidade de redução das dosagens de sulfato de alumínio e de cal.

## 1 — INTRODUÇÃO

O Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos, USP (EESC/USP), iniciou em 1980, uma linha de pesquisas acerca do emprego de polímeros naturais como auxiliar de floculação.

Desde aquela data vêm sendo pesquisadas as propriedades e a aplicabilidade do amido de batata, araruta, cará, mandioca, milho e arroz, como auxiliares de floculação para águas de abastecimento.

Os testes iniciais foram efetuados com amido gelatinizado através de aquecimento de suspensão aquosa, o que exige naturalmente a disponibilidade de equipamentos especiais em estações de tratamento que venham a adotar essa técnica.

Nos passos seguintes, foram testadas alternativas para gelatinização do amido, que não exigissem nem equipamentos especiais, nem a adição de outras operações senão as usuais em estações de tratamento que se utilizam da aplicação de auxiliares de floculação comerciais.

A alternativa julgada mais apropriada para a gelatinização do amido a frio foi aquela em que se utilizou a adição de hidróxido de sódio (soda cáustica) para a ruptura dos grãos naturais em que se encontram envolvidas as moléculas desse material.

Foram realizadas centenas de ensaios de floculação que comprovaram que a gelatinização do amido a frio produz material pouco menos eficiente na floculação de águas do que o material produzido pela gelatinização a quente, porém a pequena queda de eficiência não se constituía em desvantagem sensível para a alternativa, tendo em vista as facilidades adicionais que se poderia dispor na sua utilização em grande escala.

O presente trabalho representa o passo mais recente dessa série de pesquisas em que foram testados em laboratório alguns polímeros comerciais e amido de diversas fontes como auxiliares de floculação, empregando-se amostras de água bruta afluentes à Es-

tação de Tratamento de Água de São Carlos, SP.

Após a escolha do amido mais apropriado para tratamento da referida água, foram realizados testes na própria estação de tratamento, e verificadas as alterações ocorridas na qualidade da água decantada e da filtrada.

Os polímeros naturais estudados que apresentaram os melhores resultados em laboratório foram o de batata e o de araruta, porém o que foi utilizado na estação de tratamento foi o de araruta, tendo em vista sua maior abundância no comércio e seu menor custo.

Em síntese, essa pesquisa foi realizada com os objetivos essenciais de:

— Verificar a viabilidade técnica do uso de amido (no caso, amido de araruta) como auxiliar de floculação, em uma estação de tratamento de água, utilizando para sua gelatinização a adição de hidróxido de sódio em suspensão de amido não aquecida;

— Comparar as características da água tratada apenas com coagulantes primários, com as características da água tratada quando da aplicação de amido como auxiliar;

— Verificar a viabilidade econômica do emprego de amido, com base na eventual redução do consumo de coagulantes primários consequente da utilização desse auxiliar.

## 2 — PROPRIEDADES DO AMIDO

O estudo do amido abrange um campo muito complexo que ainda não foi totalmente explorado. Para o conhecimento profundo a respeito da estrutura do amido ainda haverá necessidade de serem desenvolvidos muitos trabalhos que venham a confirmar os conceitos até agora estabelecidos.

Em artigos anteriores, já divulgados, referentes à série de pesquisas sobre polímeros naturais que o Departamento de Hidráulica e Saneamento da EESC/USP vem desenvolvendo (1; 2; 3) já foram apresentadas as principais propriedades do amido, e, portanto, no presente artigo apenas serão destacados, muito superficialmente, alguns conceitos sobre o assunto.

O amido, quando comparado com outros carboidratos, pode ser considerado relativamente heterogêneo, sendo constituído por dois componentes

principais, a amilose e a amilopectina, os quais apresentam propriedades bastante distintas.

A amilose consiste de longas cadeias não ramificadas, porém, também formadas por unidades glicopiranosose.

A gelatinização do amido é decorrente da quebra da estrutura do grão de amido, que pode ocorrer, por exemplo, em presença de água quente.

O processo se desenvolve basicamente em três fases:

Durante a primeira fase ocorre apenas um entumescimento limitado. Ao se atingir uma temperatura próxima de 65° tem início a segunda fase, quando o grão de amido tem seu volume aumentado muitas vezes em relação ao seu volume original; ocorre a solubilização de parte de seu conteúdo, e a viscosidade da suspensão cresce sensivelmente.

A terceira fase ocorre em temperaturas mais elevadas, e nela é verificada a evolução mais acentuada dos fenômenos observados durante a fase anterior. Se o aquecimento for prolongado ocorrerá nessa fase, a redução da viscosidade da "solução".

Sabe-se, no entanto, que a adição de hidróxido de sódio à suspensão de amido também provoca o entumescimento do grão. Consequentemente, o grão de amido perde a sua estrutura inicial, ocorrendo a solubilização de parte de seu conteúdo.

Assim, a pré-gelatinização do amido pode também ocorrer a frio, sem a necessidade de aquecimento da suspensão aquosa.

### 3 — ENSAIOS DE FLOCULAÇÃO

Antes do início dos testes na Estação de Tratamento de Água de São Carlos, foram realizados ensaios de floculação no Laboratório de Saneamento da EESC/USP, a fim de verificar qual seria o amido mais apropriado para ser utilizado como auxiliar para a água bruta afluenta ao tratamento.

Além da escolha do amido mais conveniente, também foram feitos ensaios para a avaliação da faixa de dosagem que deveria ser adotada nos testes.

As seguintes condições foram observadas na realização dos ensaios de floculação:

- Volume de cada reator: 2 mil ml
- Gradiente de velocidade durante a mistura: 500 s<sup>-1</sup>
- Tempo de mistura: 120 s
- Gradiente de velocidade durante a floculação: 50 s<sup>-1</sup>
- Tempo de floculação: 1.800 s
- Profundidade de coleta de amostras nos reatores: 10 cm

Para a escolha do auxiliar mais apropriado foram utilizadas amostras de água coletadas na própria estação de tratamento de água, em ponto situado imediatamente a jusante da mistura rápida.

Nos ensaios de laboratório foram respeitadas as condições básicas mostradas anteriormente e as amostras do sobrenadante (10 cm abaixo da superfície), eram coletadas após 5 min, 15 min e 30 min, ao início da decantação.

Foram testados dez polímeros comerciais e amido de araruta, batata, mandioca, cará e milho, como auxiliares de floculação.

Durante esse período inicial dos estudos, a água bruta apresentou as seguintes características principais:

Turbidez: entre 15,0 e 16,0 UT

Cor: 25 mg/l em Pt-Co

pH: entre 5,7 e 6,1

Alcalinidade: entre 5,0 e 5,1 mg/l e em CaCO<sub>3</sub>

Temperatura: entre 20 e 21°C.

Foram realizadas dezenas de ensaios de floculação, porém apenas serão apresentados os resultados correspondentes ao polímero comercial para o qual foram obtidos os menores valores de turbidez residual, assim como os resultados correspondentes ao amido de batata e ao de araruta, que foram os polímeros naturais que demonstraram mais eficiência.

A tabela 1 apresenta, resumidamente, os resultados desses ensaios.

A coluna 1 apresenta os resultados

correspondentes à aplicação das dosagens ótimas de sulfato de alumínio e de cal.

O polímero comercial apresentado na Tabela 1 (coluna 7) ofereceu resultados mais atraentes que os decorrentes da utilização do amido, porém esse fato não foi verificado para a maioria dos produtos comerciais testados, no campo das dosagens aplicadas.

Os resultados relativos à remoção de turbidez, em função do tempo (5 min; 15 min e 30 min) apresentados nas colunas 2, 3, 4 e 5, demonstraram que, para a água estudada, o amido de batata forma flocos que sedimentam com maior velocidade que a dos correspondentes ao caso em que se aplica o amido de araruta, porém o amido de araruta tem capacidade de deixar menor concentração de material em suspensão, quando o tempo de decantação é acentuado (ver dados relativos a 30 minutos de decantação).

Para esse trabalho foi escolhido o amido de araruta tendo em vista seu menor custo e a sua maior facilidade de aquisição no comércio no Estado de São Paulo.

### 4 — APLICAÇÃO DE AMIDO DE ARARUTA NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE SÃO CARLOS

#### 4.1 — Descrição da Estação de Tratamento de Água

A figura 1 apresenta esquematicamente as principais unidades que compõem a Estação de Tratamento de Água de São Carlos, que na época dos testes funcionava com vazão da ordem de 430 l/s.

Tabela 1 — Resultados dos ensaios que apresentaram maior eficiência.

Ensaio	1	2	3	4	5	6	7
<b>Produtos Aplicados</b>							
Sulf. de Alumínio (mg/l)	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
Cal (mg/l)	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6
Amido de araruta (mg/l)	-	0,30	1,00	-	-	-	-
Amido de batata (mg/l)	-	-	-	0,30	1,00	-	-
Drewfloc 307 (mg/l)	-	-	-	-	-	0,12	0,25
<b>Característica do Sobrenadante</b>							
Turbidez após 5 min de decantação (UT)	5,1	4,6	4,1	2,3	1,8	1,4	0,80
Turbidez após 15 min de decantação (UT)	1,8	1,7	1,4	1,4	1,6	0,94	0,75
Turbidez após 30 min de decantação (UT)	1,8	1,0	0,90	1,1	1,6	0,73	0,64
pH final	6,88	6,76	6,78	6,76	6,78	6,75	6,75
Cor final (mg/l em Pt-Co)	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5

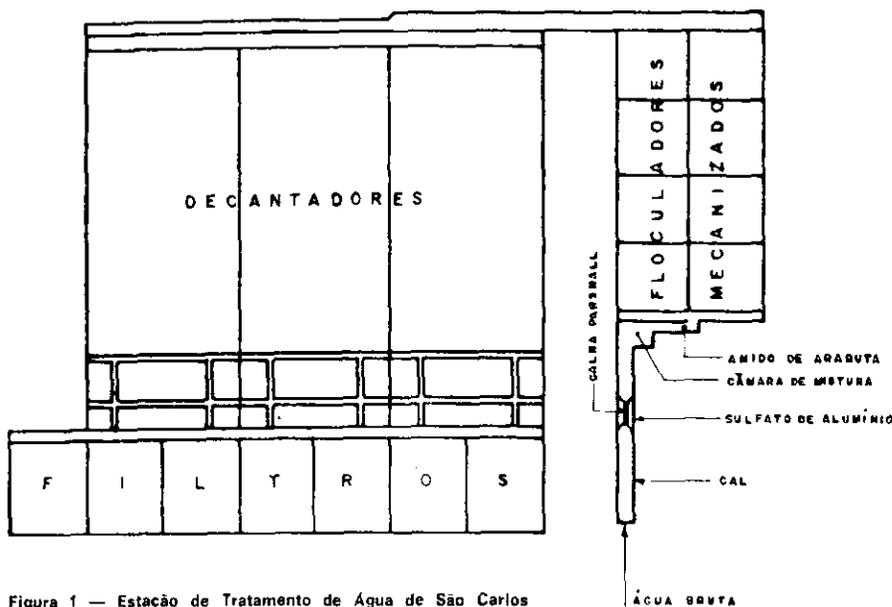


Figura 1 — Estação de Tratamento de Água de São Carlos

Essa estação de tratamento possui instalações apropriadas para preparação de solução, dosagem e aplicação de polieletrólitos. A figura 2 mostra o esquema dos tanques de solução e bombas dosadoras que foram utilizadas nos testes.

A suspensão de cal, quando utilizada, é aplicada na chegada da água bruta e a solução de sulfato de alumínio é lançada no local de maior turbulência na calha Parshall e distribuída com auxílio de uma canaleta perfurada. Após a calha Parshall existe uma unidade de mistura rápida mecanizada, com volume igual a 125 m<sup>3</sup>, correspondendo a um tempo de detenção teórico igual a 29 s.

A suspensão de amido, durante os testes foi aplicada logo após a mistura rápida, sendo distribuída também com o auxílio de uma canaleta perfurada transversal ao canal que alimenta as câmaras de floculação.

A floculação, nessa estação, é realizada em 2 (dois) conjuntos de 4 (quatro) câmaras, funcionando em paralelo. Cada uma das câmaras apresenta volume útil igual a 144 m<sup>3</sup> (6 x 6 x 4 m), portanto o tempo de detenção teórico, quando ambos os conjun-

tos estão em funcionamento é igual a 44,7 min.

O gradiente de velocidade (G) na primeira câmara foi estimado em 80 s<sup>-1</sup> e na última câmara 20 s<sup>-1</sup>.

A estação possui 3 (três) decantadores de fluxo horizontal iguais, cuja taxa de escoamento superficial foi estimada em 30,2 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/dia (área superficial de cada decantador: 32 x 12,8 m<sup>2</sup> = 409,6 m<sup>2</sup>). Como a profundidade média dessas unidades é de 4 m verifica-se que o tempo de detenção teórico das unidades é de 3,2 horas.

Após a decantação, a água é distribuída a 7 (sete) filtros rápidos de areia (área superficial de cada filtro: 5,2 x 8 m<sup>2</sup> = 41,6 m<sup>2</sup>), que apresentam taxa de escoamento superficial média igual a 127,6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/dia (veja figura 2).

Durante a realização dos testes, apenas 6 (seis) filtros estavam em funcionamento; dessa maneira a taxa de escoamento superficial média foi aumentada para 148,9 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/dia.

#### 4.2 — Testes Efetuados na Estação de Tratamento

Antes de serem iniciados os testes propriamente ditos, foram realizados

novamente diversas séries de ensaios de laboratório, com o objetivo de se confirmar os resultados verificados nos ensaios anteriores.

Esses ensaios de floculação, realizados no período em que se iniciaram os testes de campo, demonstraram que a dosagem de 0,10 mg/l de amido de araruta já provocava pequenas alterações na qualidade do sobrenadante, porém, aparentemente, os resultados melhoravam à medida que a dosagem desse material era aumentada. A partir de 1 mg/l, contudo, o aumento de eficiência não era justificado pelo eventual aumento de custos decorrente do aumento de dosagem.

Com base nessas informações foram estabelecidas três dosagens de amido para serem testadas na estação de tratamento de água: 0,10 mg/l; 0,50 mg/l e 1 mg/l.

A suspensão de amido era preparada nos tanques mostrados na figura 2. O volume útil de cada tanque de preparação é de aproximadamente 1.300 l.

Em geral, quando da aplicação de polieletrólitos comerciais, a concentração da solução raramente ultrapassa 0,5%, porém quando da preparação da suspensão de amido na presente pesquisa, utilizou-se concentração de 1,5% em massa.

A preparação da suspensão seguia o seguinte roteiro:

- Os tanques eram preenchidos parcialmente com um volume de água fria, aproximadamente igual a 200 l;
- O amido de araruta era adicionado, e a suspensão era agitada violentamente durante cerca de cinco minutos;
- Após se conseguir desfazer os grumos que se formavam quando da adição do amido de araruta, a solução de hidróxido de sódio, previamente dissolvida em água, era adicionada, seguindo-se mistura mecânica até se obter suspensão homogênea de alta viscosidade.
- É importante ressaltar que a qualidade do hidróxido de sódio utilizado deve ser observada com responsabilidade, tendo em vista a possibilidade de o mesmo conter, dependendo de sua origem, materiais nocivos à saúde. Deve-se ter conhecimento de sua pureza antes de sua utilização.
- O tanque era completado com água até atingir o volume de de 1.300 l; de modo que a concentração da suspensão resultava igual a 1,5% em massa;
- Durante a aplicação do amido, o agitador central do tanque era mantido em funcionamento.

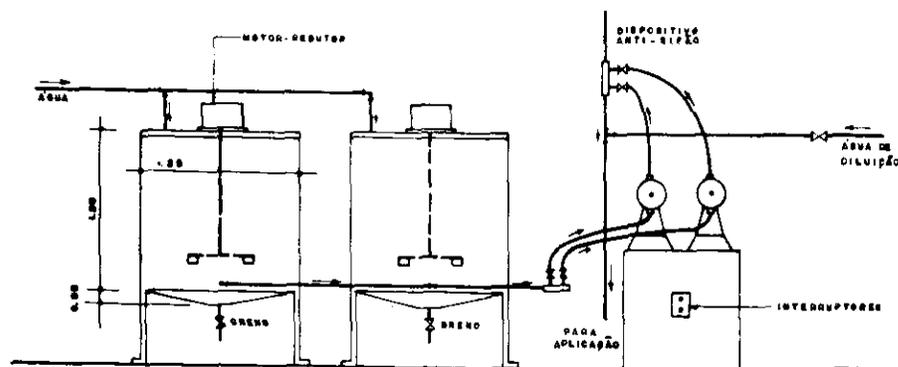


Figura 2 — Vista das instalações de preparação e dosagem da suspensão de amido

Tabela 2 — Controle da Estação de Tratamento de Água, em Período Anterior aos Testes com Amido (Tempo de Floculação: 44,7 min)

ÁGUA BRUTA							ÁGUA FLOCUL	ÁGUA DECANTADA					ÁGUA FILTRADA				
Data	Horário (h)	pH	Alcalinidade (em mg/ℓ CaCO <sub>3</sub> )	Turbidez (UT)	Cor (mg/ℓ em Pt-Co)	Temperatura (°C)	Sólidos Sedimentáveis (mg/ℓ)	pH	Alcalinidade (em mg/ℓ CaCO <sub>3</sub> )	Turbidez (UT)	Cor (mg/ℓ em Pt-Co)	Temperatura (°C)	pH	Alcalinidade (em mg/ℓ CaCO <sub>3</sub> )	Turbidez (UT)	Cor (mg/ℓ em Pt-Co)	Temperatura (°C)
26.01	9:00	6,05	9,57	39,0	110	24,0	2,5	6,90	11,73	4,9	10	24,0	6,60	10,95	0,60	5,0	24,0
26.01	15:00	6,00	8,25	29,0	110	24,5	2,0	6,50	10,12	4,5	10	24,5	6,50	9,92	1,50	7,5	24,5
27.01	8:30	6,00	8,99	22,0	110	23,0	2,0	6,30	10,15	3,9	7,5	23,0	6,40	10,22	0,55	5,0	23,0
27.01	15:00	6,00	7,93	20,0	100	23,5	0,6	6,80	12,50	4,6	10	23,5	6,40	10,81	0,75	5,0	23,5
28.01	9:00	6,01	8,23	24,0	100	22,5	0,5	6,70	11,21	4,8	10	22,5	6,50	11,21	1,10	7,5	22,5
28.01	16:00	5,80	8,08	26,0	100	22,5	1,0	6,90	10,31	4,2	10	22,5	6,35	12,20	0,55	5,0	22,5
29.01	9:00	6,00	7,78	22,0	100	24,0	1,2	6,45	12,10	4,1	12,5	24,0	6,60	11,35	0,60	5,0	24,0
29.01	15:00	6,20	9,05	22,0	100	23,0	1,0	6,50	11,13	4,5	10	23,0	6,40	10,98	0,58	5,0	23,0
Média		6,01	8,49	25,5	104	23,4	1,4	6,63	11,16	4,4	10	23,4	6,47	10,90	0,78	5,6	22,9

Tabela 3 — Controle da Estação de Tratamento de Água, Empregando 1,0 mg/l de Amido (Tempo de Floculação: 22,4 min)

Data	Horário (h)	DOSAGENS (em mg/ℓ)			ÁGUA BRUTA				ÁGUA FLOCUL	ÁGUA DECANTADA				ÁGUA FILTRADA						
		Sulfato	CaI	Amido	pH	Alcalinidade (em mg/ℓ CaCO <sub>3</sub> )	Turbidez (UT)	Cor (mg/ℓ em Pt-Co)	Temperatura (°C)	Sólidos Sedimentáveis (mg/ℓ)	pH	Alcalinidade (em mg/ℓ CaCO <sub>3</sub> )	Turbidez (UT)	Cor (mg/ℓ em Pt-Co)	Temperatura (°C)	pH	Alcalinidade (em mg/ℓ CaCO <sub>3</sub> )	Turbidez (UT)	Cor (mg/ℓ em Pt-Co)	Temperatura (°C)
03.02	17:00	29,17	20,4	1,0	5,50	5,03	36,0	150	21,0	2,5	6,16	7,02	2,9	7,5	21,0	5,99	7,63	0,23	< 5	21,0
03.02	20:00	21,74	15,22	1,0	5,69	5,11	37,0	90	21,5	3,5	6,20	7,62	3,4	7,5	21,5	5,99	7,93	0,55	< 5	21,5
03.02	23:00	21,74	15,22	1,0	5,70	5,64	33,0	110	22,0	4,0	6,04	7,32	2,1	5,0	22,0	6,04	7,32	0,33	< 5	22,0
04.02	8:00	17,39	12,17	1,0	5,65	5,80	28,0	90	22,0	3,5	6,20	9,76	3,4	7,5	22,0	6,08	8,84	0,33	< 5	22,0
04.02	11:00	14,13	9,89	1,0	5,90	5,74	31,0	100	24,0	1,8	6,15	8,26	4,5	10,0	24,0	6,10	8,20	0,90	7,5	24,0
Média		20,83	14,58	1,0	5,69	5,46	33,0	108	22,1	3,1	6,15	8,00	3,3	7,5	22,1	6,04	7,98	0,47	< 5	22,1

Os testes iniciais efetuados com dosagem igual a 0,10 mg/l, demonstraram que a melhoria na qualidade da água era muito pequena, de maneira que, já nas primeiras horas de aplicação, a dosagem já foi elevada para 1,0 mg/l.

Nesta nova situação, a melhoria de

floculação resultou surpreendente, fato que permitiu que a metade das câmaras de floculação fosse retirada de operação, ou seja, o tempo de floculação de funcionamento normal da estação que é de 44,7 min ficou reduzido para 22,4 min.

Após algum período de aplicação

da dosagem de 1,0 mg/l de amido de araruta, também foram utilizados testes empregando-se dosagem igual a 0,50 mg/l.

Durante o período em que foi aplicada a dosagem de 0,50 mg/l, além de se manter o tempo de floculação igual a 22,4 min, as dosagens de sul-

**Tabela 4 — Controle da Estação de Tratamento de Água, empregando 0,50 mg/l de Amido (Tempo de Floculação: 22,4 min), e 80% das Dosagens de Sulfato e de Cal. Utilizadas normalmente para as mesmas condições de turbidez e de cor**

		DOSAGENS (em mg/L)			ÁGUA BRUTA					ÁGUA FLOCUL.	ÁGUA DECANTADA					ÁGUA FILTRADA				
Data	Horário (h)	Sulfato	Cal	Amido	pH	Alcalinidade (em mg/L CaCO <sub>3</sub> )	Turbidez (UT)	Cor (mg/L em Pt-Co)	Temperatura (°C)	Sólidos Sedimentáveis (ml/L)	pH	Alcalinidade (em mg/L CaCO <sub>3</sub> )	Turbidez (UT)	Cor (mg/L em Pt-Co)	Temperatura (°C)	pH	Alcalinidade (em mg/L CaCO <sub>3</sub> )	Turbidez (UT)	Cor (mg/L em Pt-Co)	Temperatura (°C)
04.02	17:00	13,04	9,13	0,5	5,91	5,68	27,0	90	23,0	2,0	6,02	7,84	3,3	7,5	23,0	6,05	7,62	0,42	< 5	23,0
04.02	20:00	13,04	9,13	0,5	5,96	5,91	26,0	90	23,0	1,0	6,05	7,21	3,6	7,5	23,0	6,14	7,20	0,38	< 5	23,0
04.02	23:00	13,04	9,13	0,5	5,83	6,10	26,0	90	23,5	0,7	5,61	5,96	3,0	7,5	23,5	5,73	6,53	0,40	< 5	23,5
05.02	8:00	8,69	6,08	0,5	5,95	8,69	22,0	90	23,5	0,8	5,90	7,32	2,3	5,0	23,5	5,83	6,86	0,35	< 5	23,5
05.02	11:00	15,22	10,65	0,5	5,93	7,54	21,0	100	24,0	1,7	6,04	7,61	2,6	7,5	24,0	6,00	7,43	0,31	< 5	24,0
05.02	14:00	13,04	9,13	0,5	5,71	7,31	21,0	110	24,0	1,2	5,99	7,39	2,3	7,5	24,0	5,96	7,20	0,36	< 5	24,0
05.02	17:00	13,04	9,13	0,5	5,82	8,14	22,0	110	24,0	1,0	6,01	8,20	2,6	7,5	24,0	5,95	8,12	0,32	< 5	24,0
05.02	20:00	12,32	8,62	0,5	5,75	7,91	18,0	100	24,0	1,4	5,90	7,99	2,1	5,0	24,0	5,83	7,82	0,15	< 5	24,0
05.02	23:00	12,32	8,62	0,5	5,93	8,06	18,0	100	24,5	1,3	6,00	8,15	2,3	5,0	24,5	5,91	8,13	0,30	< 5	24,5
06.02	7:00	11,23	8,62	0,5	5,91	8,41	19,0	100	24,5	1,0	6,10	8,26	2,2	5,0	24,5	5,96	8,10	0,25	< 5	24,5
Média		12,50	8,82	0,5	5,87	7,38	21,9	98	23,8	1,2	5,96	7,59	2,6	6,5	23,8	5,94	7,50	0,32	< 5	23,5

fato de alumínio e de cal foram reduzidas para 80% dos valores usuais nessa estação.

O controle da Estação de Tratamento de Água de São Carlos foi efetuado antes e durante a aplicação do amido de araruta.

A água bruta era coletada na entrada da estação, antes da aplicação do cal e do sulfato de alumínio.

A água floculada era coletada no início do canal de água floculada, logo após a última câmara de floculação.

Era coletada uma amostra em cada saída dos três decantadores, e os resultados das análises apresentados a seguir são uma média dos três valores obtidos.

As amostras de água filtrada eram coletadas em dois pontos do canal de saída dos filtros, antes da aplicação do cloro, sendo apresentado nas tabelas o valor médio dos dois valores encontrados, para cada coleta.

A tabela 2 apresenta resultados relativos a período anterior à realização dos testes com amido, em que a estação estava sendo operada de acordo com os critérios usuais.

A tabela 3 mostra os resultados referentes ao período em que foi aplicada dosagem de amido igual a 1,0 mg/l, sendo o tempo de floculação reduzido para 22,4 min.

**Tabela 5 — Características médias (cor, turbidez e sólidos sedimentáveis) observadas durante o período de observação da Estação de Tratamento de Água de São Carlos**

PERÍODO DE TESTE / PARÂMETRO	OPERAÇÃO NORMAL (tempo de floc. 44,7 min.)	DOSAGEM DE AMIDO 1,00 mg/l (tempo de floc. 22,4 min.)	DOSAGEM DE AMIDO 0,50 mg/l, DOSAGEM DE COAGULANTES 80% (tempo de floc. 22,4 min)
<b>Turbidez (UT)</b>			
água bruta	25,5	33,0	21,9
água decantada	4,4	3,3	2,6
água filtrada	0,78	0,47	0,32
<b>Cor (mg/l em Pt-Co)</b>			
água bruta	104	108	98
água decantada	10	7,5	6,5
água filtrada	5,6	< 5	< 5
<b>Sólidos Sedimentáveis de água floculada (ml/l)</b>	1,4	3,1	1,2

A tabela 4, por sua vez, apresenta os resultados verificados em período em que a dosagem de amido era de 0,50 mg/l e o tempo de floculação igual a 22,4 min. As dosagens de cal e de sulfato de alumínio foram reduzidas de 20% em relação às dosagens normalmente usadas nessa estação, quando a água bruta se apresentava com as características verificadas na ocasião. Esse fato, portanto está asso-

ciado à economia de 20% com gastos com coagulantes primários.

A tabela 5 constitui um resumo das condições médias verificadas em cada período de testes e permite uma idéia objetiva dos resultados obtidos.

A tabela 5 mostra que, apesar da redução do tempo de floculação para a metade do tempo usual, mesmo assim a qualidade da água decantada e da filtrada melhorou sensivelmente

quando foi utilizado o amido de araruta como auxiliar, tanto no que se refere a remoção de turbidez quanto de cor.

A dosagem de 0,50 mg/l mostrou-se mais apropriada do que a dosagem de 1,0 mg/l, contrariando os ensaios realizados em laboratório.

Note-se que os consumos médios de sulfato de alumínio e de cal, que eram iguais a 20,83 e 14,58 mg/l (tabela 3), nos dias que precederam os testes em amido com dosagem de 0,50 mg/l, foram reduzidos para 12,50 e 8,82 mg/l (tabela 4), respectivamente.

Parte dessa redução é devida, evidentemente, à variação dos valores de turbidez e de cor da água bruta, porém, vale lembrar que, durante todo o período abrangido pelos testes abordados na tabela 4, sempre foram utilizadas dosagens iguais a 80% dos empregados pelos operadores para condições semelhantes de turbidez e de cor.

## 5 — CONCLUSÕES

A série de pesquisas anteriores desenvolvida no Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos (1, 2 e 3), já demonstrou a efetiva, a aplicabilidade do amido como auxiliar de floculação. A presente pesquisa vem reforçar as conclusões anteriores e comprovar a aplicabilidade da técnica de preparação do amido a frio, na própria estação de tratamento, sem a necessidade de aquecimento.

É interessante destacar que nessa mesma estação de tratamento já foi empregado amido de batata gelatini-

zado a quente (1) e, portanto, também serão apresentadas conclusões comparando os resultados obtidos com amido de araruta com aqueles obtidos anteriormente, com amido de batata.

Em síntese, as conclusões da atual pesquisa, realizada na Estação de Tratamento de Água de São Carlos são:

- O amido de araruta gelatinizado com hidróxido de sódio, apresentou boas características como auxiliar de floculação;
- O aumento de dosagem de amido de araruta não implica necessariamente melhoria da qualidade de água tratada;
- A técnica de gelatinização com soda cáustica (hidróxido de sódio) pode ser utilizada facilmente por operadores típicos de estações de tratamento de água de médio porte no Brasil;
- O equipamento usual (tanques, canalizações e bombas dosadoras) para utilização de polímeros comerciais pode ser usado em qualquer modificação para a aplicação de amido gelatinizado com soda cáustica;
- O amido de batata gelatinizado a quente (1) oferece resultados ligeiramente melhores (para a água estudada) que o amido de araruta gelatinizado a frio;
- Para a água estudada, quando da aplicação do amido de araruta como auxiliar, foi possível a redução do tempo de floculação para a metade do tempo empregado, normalmente, quando são utilizados apenas sulfato de alumínio e cal;
- Foi possível a redução de 20% das dosagens ótimas de sulfato de alu-

mínio e de cal, quando foi aplicado amido de araruta com dosagem igual a 0,50 mg/l e, mesmo nessa situação, foi observada melhora na qualidade da água tratada.

- A qualidade da água tratada melhorou sensivelmente quando foi aplicado amido de araruta como auxiliar de floculação.

## 6 — AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, que contribuiu significativamente para a realização desse trabalho através de concessão de bolsa de estudos a Maria Bernardete Sousa Vieira (Processo — Engenharia Civil 80/1944-7) e também aos responsáveis pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto de São Carlos — SP, pela colaboração e liberação das instalações de tratamento de água desta cidade para a realização dos testes de campo.

## 7 — REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) — CAMPOS, J. R., Emprego de Amido de Batata como Auxiliar de Floculação de Águas para Abastecimento. Tese de Doutorado apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos — Universidade de São Paulo, 1980, 179 p.
- 2) — CAMPOS, J. R. e AZEVEDO NETTO, J. M., Emprego de Amido de Batata como Auxiliar de Floculação de Águas para Abastecimento, XVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, La Paz, Bolívia, 1980.
- 3) — CAMPOS, J. R., VIEIRA, M.B.S. e VILLELA, L. C. H., Comparação da Eficiência de Amido de Diversas Fontes como Auxiliar de Floculação de Águas para Abastecimento, XVIII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, Panamá, Panamá, 1982.