

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

TAMIRES KOGA DE CARVALHO

**Transferência de Tecnologias de Tratamento de Água em  
Comunidades Brasileiras de Pequeno Porte**

São Carlos, SP

2012

TAMIRES KOGA DE CARVALHO

**Transferência de Tecnologias de Tratamento Água em  
Comunidades Brasileiras de Pequeno Porte**

Monografia apresentada ao curso de  
graduação em Engenharia Ambiental  
da Escola de Engenharia de São Carlos  
da Universidade de São Paulo.

Orientadora:  
Profa. Dra. Lyda Patricia Sabogal Paz

São Carlos, SP

2012

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,  
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS  
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

C331t      Carvalho, Tamires Koga de  
                 Transferência de Tecnologias de Tratamento Água em  
                 Comunidades Brasileiras de Pequeno Porte. / Tamires  
                 Koga de Carvalho; orientadora Lyda Patricia Sabogal  
                 Paz. São Carlos, 2012.

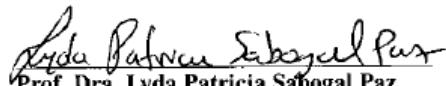
Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) --  
Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de  
São Paulo, 2012.

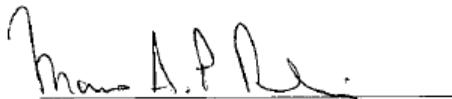
1. Transferência de tecnologias. 2. Tratamento de  
água. 3. Nível de institucionalização. 4. Pequenas  
comunidades. I. Título.

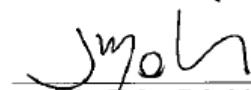
# FOLHA DE APROVAÇÃO

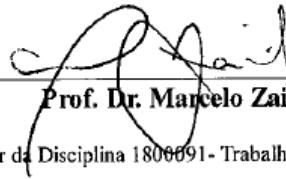
Candidato(a): **Tamires Koga de Carvalho**

Monografia defendida e aprovada em: **19/11/2012** pela Comissão Julgadora:

  
Prof. Dra. Lyda Patricia Sabogal Paz

  
Prof. Dr. Marco Antonio Penalva Reali

  
Prof. Dr. Tadeu Fabricio Malheiros

  
Prof. Dr. Marcelo Zaiat

Coordenador da Disciplina 1800091- Trabalho de Graduação

## **AGRADECIMENTOS**

À Lyda Patricia Sabogal Paz, pela oportunidade da pesquisa e desenvolvimento pessoal. Minha gratidão também pela paciência nos ensinamentos, pelo crescimento acadêmico e apoio durante todo o projeto.

Aos meus pais, Eunice e Edison, por todo amor, pela ajuda e incentivo em todos os momentos, especialmente por sempre acreditarem em mim.

À Túlio Siqueira, pelo carinho, companheirismo, compreensão e apoio incondicional.

Aos professores do Departamento de Hidráulica e Saneamento da EESC/USP por todo conhecimento ensinado e por despertar de meu interesse acadêmico na área.

Aos meus amigos de turma, por proporcionarem momentos inesquecíveis, e se tornarem minha família durante o período de faculdade.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida.

À todos os profissionais que responderam ao questionário e que consequentemente, contribuíram com o desenvolvimento da pesquisa.

E a todos que diretamente ou indiretamente contribuíram com o projeto.

## RESUMO

**CARVALHO, T.K. Transferência de Tecnologias de Tratamento Água em Comunidades Brasileiras de Pequeno Porte.** 2012. Monografia, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

A dificuldade de manutenção e bom funcionamento de Estações de Tratamento de Água – ETAs em pequenas comunidades brasileiras se relaciona à inadequação de determinadas tecnologias à realidade e às características da comunidade que receberá tal técnica. A fim de prever a abandono e manutenção inadequada das ETAs é necessário realizar a análise prévia de todas as características da tecnologia a ser implantada, isto é, verificar a compatibilidade da tecnologia com a comunidade, realizando-se desse modo o estudo da transferência da tecnologia. Dentre os diversos níveis que filtram as tecnologias mais adequadas a cada comunidade, encontra-se o nível de institucionalização da tecnologia de tratamento de água, o qual determina o grau de conhecimento e aplicabilidade dos processos por parte dos engenheiros projetistas e peritos no assunto. A proposta desta pesquisa foi ajustar um modelo conceitual de seleção de tecnologias, desenvolvido por Sabogal Paz (2010), que considera a institucionalização dentro do processo de transferência de técnicas de tratamento de água em comunidades de pequeno porte. A metodologia do trabalho envolveu: i) quantificação de indicadores por meio de revisão bibliográfica; consulta aos peritos (em tratamento de água e em saneamento em geral); estudo das grades curriculares dos cursos de graduação e pós-graduação em engenharias ambiental, civil e sanitária de várias universidades públicas e privadas do Brasil; consultas em várias Companhias de Saneamento e na Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB (2008); e ii) ajuste do modelo de Sabogal Paz (2010) com o intuito de permitir conhecer as tecnologias que podem ser consideradas institucionalizadas em comunidades brasileiras de pequeno porte. Assim, verificou-se que os processos e operações relativos à tecnologia de ciclo completo possuem o maior nível de institucionalização e alto grau de consolidação no país, sendo a coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção, empregadas comumente pelos engenheiros projetistas. Constatou-se, igualmente, a carência de informações a cerca dos processos, operações e tecnologias avançadas de tratamento de água.

Palavras-chave: transferência de tecnologias, tratamento de água, institucionalização, pequenas comunidades.

## ABSTRACT

CARVALHO, T.K. ***Water Treatment Technologies Transfer in Small Brazilian Communities.***

Monograph. São Carlos School of Engineering. University of São Paulo. São Carlos/SP. Brazil. 2012.

The difficulty of maintenance and proper operation of water treatment plant in small Brazilian communities is related to the incompatibility of certain technologies and the characteristics of the communities that receive the process. In order to avoid the desertion and improper maintenance of the Water Treatment Plant, it is necessary to conduct a preliminary analysis of all the features of the technology to be developed, i.e., to verify the compatibility of the technology with the community, thereby performing the study of Technology Transfer. It is also necessary to establish the level of institutionalization of the water treatment technologies, which verifies the level of knowledge and applicability of the process by the engineers and experts in this subject. The purpose of this research was to conduct a conceptual model for selecting technologies, developed for Sabogal Paz (2010), in which the institutionalization is considered within the process of water treatment technologies transfer in small communities, through the consultation of professionals, sanitation companies and consultancies, universities and real data of Water Treatment Plants. Therefore, it is known that the processes and operations related to the complete cycle technology have the highest level of institutionalization and a high degree of consolidation in the country, being the coagulation, flocculation, sedimentation, filtration and disinfection, commonly used by design engineers. It is possible to conclude that there is also a lack of information about the processes, operations and technologies of advanced water treatment.

Keywords: technology transfer, water treatment, institutionalization, small communities.

## SUMÁRIO

Agradecimentos .....	2
Resumo.....	4
1. Introdução E Justificativa .....	12
2. Objetivos .....	13
3. Revisão bibliográfica .....	14
3.1. Situação do Abastecimento de Água no Brasil.....	14
3.2. Transferência de Tecnologias de Tratamento de Água.....	20
3.2.1 Níveis de Seleção de Tecnologias.....	21
3.3. Desenvolvimento de Estratégias para Transferir Tecnologia em Pequenas Comunidades.	23
3.3.1. Uma organização líder com acesso à informação chave .....	23
3.3.2. Um espaço para tomar de decisões .....	24
3.3.3. Análise participativa dos problemas .....	25
3.3.4. Identificação, priorização e adoção de soluções.....	26
3.3.5. Avaliação e troca de experiências .....	26
3.3.6. A Formação de Capacidades Mediante Projetos de Aprendizagem em Equipe .....	27
3.4. Transferência de Tecnologias de Tratamento de Água na América Latina e no Brasil .....	28
3.4.1. Filtros Lentos no Brasil .....	28
3.4.2. Filtração em Múltiplas Etapas (FiME) na Colômbia .....	30
3.5. Transferência de Tecnologias em Outras Áreas de Conhecimento .....	31
3.5.1. Transferência de Tecnologias na Indústria.....	31
3.5.2. Transferência de Tecnologias no Meio Rural – Experiência da EMBRAPA/Brasil.....	33
3.6. Tecnologias de Tratamento de Água.....	34
3.6.1. Ciclo Completo .....	35
3.6.2. Filtração Direta Ascendente - FDA .....	36
3.6.3. Filtração Direta Descendente - FDD .....	36
3.6.4 Dupla Filtração – DF .....	36
3.6.5. Floto-Filtração – FF.....	37

3.6.6 Filtração em Múltiplas Etapas - FiME .....	37
3.7. Principais Processo e Operações de Tratamento de Água.....	37
3.7.1. Coagulação .....	38
3.7.2. Floculação.....	39
3.7.3. Decantação.....	39
3.7.4. Flotação .....	40
3.7.5. Filtração.....	40
3.7.6. Desinfecção .....	41
3.7.7. Fluoração.....	41
3.7.8. Adsorção.....	41
3.8.9. Oxidação.....	42
3.7.10. Membranas .....	42
3.7.11. Ajuste de pH ou estabilização .....	42
3.7.12. Aeração e air stripping .....	43
3.7.13. Troca Iônica .....	43
3.7.14 Precipitação Química para Remoção de Dureza .....	43
4. Metodologia .....	44
4.1. Quantificação de indicadores.....	44
4.2. Ajuste do modelo .....	47
4.3. Avaliação das tecnologias institucionalizadas.....	47
5. Resultados e Discussão .....	48
5.1. Quantificação de indicadores.....	48
5.1.1. Estudo das grades curriculares dos cursos de graduação engenharia civil, ambiental e sanitária.....	48
5.1.2. Estudo das grades curriculares dos cursos de pós-graduação.....	55
5.1.3. Consulta aos peritos em tratamento de água.....	59
5.1.4. Consulta aos peritos em saneamento geral.....	64
5.1.5. Consulta a empresas de consultoria em saneamento .....	69

5.1.6. Consulta a engenheiros de empresas de saneamento público.....	74
5.1.7. Consulta a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB (2008) .....	80
5.1.8. Consulta às Companhias de Saneamento .....	82
5.2. Ajuste do modelo .....	77
5.3. Avaliação das tecnologias institucionalizadas.....	80
6. Conclusões.....	97
7. Bibliografia .....	100
8. Anexos .....	103
Anexo 1. Formulário enviado aos peritos .....	103

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Domicílios abastecidos de água por rede geral, segundo as Grandes Regiões – 2000/2008 (IBGE, 2010) .....	16
Figura 2. Água distribuída com tratamento em, m <sup>3</sup> per capita, por estratos populacionais, segundo Grandes Regiões - 2000 (IBGE, 2002).....	18
Figura 3. Proporção do volume de água distribuída por dia, com e sem tratamento, segundo os estratos populacionais dos municípios - 2000 (IBGE, 2002) .....	18
Figura 4. Proporção do volume diário de água tratada e distribuída, por tipo de tratamento, segundo os estratos populacionais dos municípios - 2000 (IBGE, 2002).....	19
Figura 5. Método de interação de fatores, variáveis e indicadores de seleção de tecnologias de tratamento de água (DI BERNARDO & SABOGAL PAZ, 2008; SABOGAL PAZ, 2010).....	22
Figura 6. Esquema de aplicação dos conceitos de múltiplas etapas, tratamento integrado e tratamento por objetivos (Adaptado de Galvis et al, 1998) .....	35
Figura 7. Principais tecnologias de tratamento de água para consumo humano.....	35
Figura 8. Fluxograma do modelo desenvolvido por Sabogal Paz (2010) para avaliar a institucionalização dentro do processo de transferência de tecnologia em ETAs .....	46
Figura 9. Índice <sub>a</sub> para processos, operações e tecnologias de tratamento de água.....	53
Figura 10. Índice <sub>a</sub> para tipos de processos, operações e tecnologias de tratamento de água ..	54
Figura 11. Índice <sub>b</sub> para processos, operações e tecnologias de tratamento de água.....	57
Figura 12. Índice <sub>b</sub> para tipos de processos, operações e tecnologias de tratamento de água..	58
Figura 13. Índice <sub>c</sub> para processos, operações e tecnologias de tratamento de água ..	60
Figura 14. Índice <sub>c</sub> para tipos de processos, operações e tecnologias de tratamento de água ..	61
Figura 15. Índice <sub>g</sub> para processos, operações e tecnologias de tratamento de água .....	62
Figura 16. Índice <sub>g</sub> para tipos de processos e operações e tecnologias de tratamento de água	63
Figura 17. Índice <sub>d</sub> para processos, operações e tecnologias de tratamento de água.....	65
Figura 18. Índice <sub>d</sub> para tipos de processos e operações e tecnologias de tratamento de água	66
Figura 19. Índice <sub>h</sub> para processos, operações e tecnologias de tratamento de água .....	67
Figura 20. Índice <sub>h</sub> para tipos de processos, operações e tecnologias de tratamento de água..	68
Figura 21. Índice <sub>e</sub> para processos, operações e tecnologias de tratamento de água.....	70
Figura 22. Índice <sub>e</sub> para tipos de processos, operações e tecnologias de tratamento de água..	72
Figura 23. Índice <sub>i</sub> para processos, operações e tecnologias de tratamento de água.....	73
Figura 24. Índice <sub>i</sub> para tipos de processos, operações e tecnologias de tratamento de água ..	74
Figura 25. Índice <sub>f</sub> para processos, operações e tecnologias de tratamento de água .....	75
Figura 26. Índice <sub>f</sub> para tipos de processos, operações e tecnologias de tratamento de água ..	76
Figura 27. Índice <sub>j</sub> para processos, operações e tecnologias de tratamento de água .....	78

Figura 28. Índice $j$ para tipos de processos, operações e tecnologias de tratamento de água ..	79
Figura 29. Número de ETAs que utilizam de cada tipo de tratamento de água segundo dados do PNSB (2008).....	81
Figura 30. Índice $k$ para as tecnologias avaliadas pelo PNSB (2008) .....	81
Figura 31. Processos, operações e tecnologias empregadas pela SABESP em sistemas com vazões de até 50L/s.....	70
Figura 32. Processos e operações de ETAs com vazão até 50L/s conforme nova nomenclatura .....	72
Figura 33. Índice $j$ para os processos, operações e tecnologias operadas pela SABESP .....	73
Figura 34. Nível de institucionalização conforme peso 1 para os processo, operações e tecnologias de tratamento – Suposição 1.....	80
Figura 35. Nível de institucionalização conforme peso 2 para os processo, operações e tecnologias de tratamento – Suposição 1.....	81
Figura 36. Nível de institucionalização conforme peso 3 para os processo, operações e tecnologias de tratamento – Suposição 1.....	81
Figura 37. Nível de institucionalização conforme peso 1 para os tipos de processos, operações e tecnologias de tratamento de água – Suposição 1 .....	82
Figura 38. Nível de institucionalização conforme peso 2 para os tipos de processos, operações e tecnologias de tratamento de água – Suposição 1 .....	83
Figura 39. Nível de institucionalização conforme peso 3 para os tipos de processos, operações e tecnologias de tratamento de água – Suposição 1 .....	84
Figura 40. Nível de institucionalização conforme peso 1 para os processo, operações e tecnologias de tratamento – Suposição 2.....	85
Figura 41. Nível de institucionalização conforme peso 2 para os processo, operações e tecnologias de tratamento – Suposição 2.....	85
Figura 42. Nível de institucionalização conforme peso 3 para os processo, operações e tecnologias de tratamento – Suposição 2.....	86
Figura 43. Nível de institucionalização conforme peso 1 para os tipos de processos, operações e tecnologias de tratamento de água – Suposição 2 .....	87
Figura 44. Nível de institucionalização conforme peso 2 para os tipos de processos, operações e tecnologias de tratamento de água – Suposição 2 .....	88
Figura 45. Nível de institucionalização conforme peso 3 para os tipos de processos, operações e tecnologias de tratamento de água – Suposição 2 .....	89

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Municípios com serviço de abastecimento de água por rede geral de distribuição, segundo as Grandes Regiões - 1989/2008 (IBGE, 2010) .....	15
Tabela 2. População total, total de municípios e respectivas distribuições percentuais, segundo os estratos populacionais dos municípios - 2000 (IBGE, 2002).....	17
Tabela 3. Total de domicílios e de economias abastecidas e respectivas distribuições percentuais, segundo os estratos populacionais dos municípios – 2000 (IBGE, 2002) .....	17
Tabela 4. Principais Processo e Operações de Tratamento de Água .....	38
Tabela 5. Fatores, variáveis e indicadores de seleção considerando institucionalização no processo de transferência de tecnologias (Sabogal Paz, 2010) - Continua .....	45
Tabela 6. Universidades e cursos pesquisados e a existência de ementa disponível na Internet .....	48
Tabela 7. Universidades e cursos de pós-graduação pesquisados .....	55
Tabela 8. ETAs operadas pela SABESP com vazões de até 50L/s (SABESP, 2012).....	82
Tabela 9. Renomeações das tecnologias da SABESP de acordo com a nomenclatura utilizada na pesquisa .....	71
Tabela 10. Resumo dos índices calculados - continua .....	75
Tabela 11. Fatores, variáveis e indicadores de seleção considerando a institucionalização dentro do processo de transferência de tecnologias quando o sistema é operado pela comunidade.....	77
Tabela 12. Fatores, variáveis e indicadores de seleção considerando a institucionalização no processo de transferência de tecnologias quando o sistema é operado pelas Companhias de Saneamento. ....	78
Tabela 13. Atribuição de pesos para definir o nível de institucionalização das tecnologias .....	79
Tabela 14. Faixa de classificação do nível de instituição.....	90
Tabela 15. Classificação do nível de institucionalização dos processos e operações - Suposição 1 .....	91
Tabela 16. Classificação do nível de institucionalização das tecnologias – Suposição 1 .....	91
Tabela 17. Classificação do nível de institucionalização dos tipos de processos e operações – Suposição 1 .....	91
Tabela 18. Classificação do nível de institucionalização dos processos e operações de tratamento – Suposição 2 .....	93
Tabela 19. Classificação do nível de institucionalização das tecnologias – Suposição 2 .....	94
Tabela 20. Classificação do nível de institucionalização dos tipos de processos e operações de tratamento de água – Suposição 2 .....	94

## 1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A implantação de Estações de Tratamento de Água – ETAs que não funcionam adequadamente é uma situação comum no Brasil. Infelizmente, o impacto dos investimentos brasileiros, em obras de saneamento, continuará limitado enquanto não forem fortalecidos os aspectos técnicos, socioculturais, institucionais, ambientais, econômicos e financeiros que permitam a construção de ETAs eficientes.

Para tentar analisar esse problema, pesquisas têm sido desenvolvidas, nos últimos anos, as quais permitiram criar metodologias genéricas que consideram alguns aspectos (técnicos e econômicos) na seleção dos sistemas de tratamento de água. Entretanto, ainda faltam mais estudos sobre o assunto incluindo, entre outros fatores, a influência da transferência das tecnologias na escolha do tipo de ETA. Especialmente na implantação de tecnologias em comunidades de pequeno porte, onde há maior carência em mão de obra qualificada, materiais e equipamentos necessários à operação e manutenção de certas técnicas, e em certos casos, apoio da própria população que receberá o sistema.

Destaca-se que a transferência de tecnologia envolve dois conceitos básicos: i) a apropriação que determina as condições que permitem à sociedade considerar a tecnologia com sua; e ii) a institucionalização relacionada ao nível de conhecimento da técnica no setor.

Neste contexto, a pesquisa ajustou o modelo conceitual de seleção de tecnologias de tratamento de água desenvolvido por Sabogal Paz (2010) que considera a institucionalização das tecnologias dentro do processo de transferência das técnicas de tratamento de água, de modo que fossem estabelecidas as técnicas e tecnologias mais comumente utilizadas no país e o grau de conhecimento dos demais processos e operações difundidos nas universidades brasileiras.

## **2. OBJETIVOS**

Ajustar um modelo conceitual de seleção que considera a institucionalização dentro do processo de transferência de tecnologias de tratamento de água em comunidades de pequeno porte.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. Situação do Abastecimento de Água no Brasil

A utilização da água é fundamental para a manutenção da qualidade de vida do ser humano. Ao ser distribuída a uma população, a potabilidade da água é um indicador da qualidade de vida dos cidadãos que a consomem. Se não for devidamente tratada e distribuída, a água imprópria para consumo humano, aumenta consideravelmente o risco de doenças de transmissão hídrica, culminando em um problema de saúde pública.

Nos países em desenvolvimento o abastecimento de água potável costuma não abranger toda a população, e o Brasil não é exceção. De acordo com Vargas e Lima (2004), os investimentos no setor de saneamento, além de proporcionar a diminuição da incidência de doenças e gastos com assistência médico-hospitalar, o mesmo viabiliza o aumento de empregos e renda da população mais humilde e consequentemente o desenvolvimento socioeconômico do país. Contudo, a partir da década de 90, com a política neoliberalista juntamente a política de ajuste fiscal do governo vigente, houve o endividamento de companhias estatais e entidades municipais de saneamento, os quais foram também impedidos de acessar o Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS), destinados ao financiamento de programas de saneamento. Tais políticas resultaram na precariedade do serviço de abastecimento, especialmente em locais onde habitam populações de baixa renda, como assentamentos irregulares nas periferias das grandes cidades ou municípios de baixa densidade demográfica.

Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), realizada pelo Instituto Brasileiro de Pesquisa e Estatística (IBGE), pode-se analisar a situação atual do tratamento de água em todo território nacional. No quesito de Abastecimento de Água o PNSB informa que ao se comparar a situação brasileira do ano de 1989 ao ano 2008, houve um aumento proporcional, em relação ao crescimento de municípios brasileiros, do número de municípios que possuem uma rede de abastecimento de água, sem levar em consideração a eficiência, manutenção e conexões domiciliares ligadas a essas redes, conforme Tabela 1.

*“De acordo com a pesquisa, no ano de 2008, 33 municípios do País não dispunham de rede geral de distribuição de água em nenhum de seus distritos, valendo-se de soluções alternativas. Dentre essas, destacam-se o abastecimento efetuado através de carros pipas (14 municípios), poços particulares (13) e chafarizes, bicas ou minas (3). Vale ressaltar que essa situação vem diminuindo sistematicamente no País: em 1989, a PNSB identificou 180 municípios sem o referido serviço, enquanto em 2000, 116” (IBGE, 2010).* Assim, apesar de o número de municípios sem rede geral de distribuição de água ser decrescente e relativamente

baixo, ao ser considerado o número de municípios brasileiros, ressalta-se que ainda há o déficit de difusão deste sistema no Brasil, não somente a falta do serviço, mas também devida a precariedade do mesmo.

Tabela 1. Municípios com serviço de abastecimento de água por rede geral de distribuição, segundo as Grandes Regiões - 1989/2008 (IBGE, 2010)

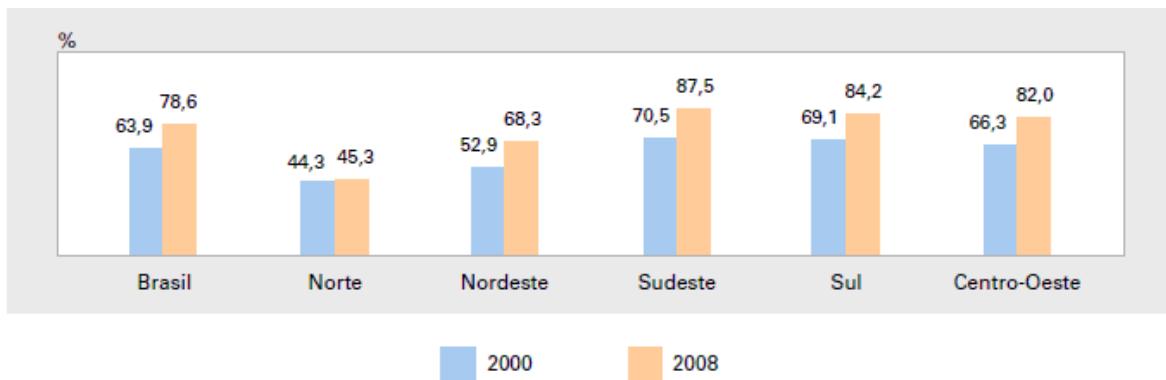
Grandes Regiões	Municípios com serviço de abastecimento de água por rede geral de distribuição					
	1989		2000		2008	
	Quantidade	Percentual (%)	Quantidade	Percentual (%)	Quantidade	Percentual (%)
Brasil	4 245	95,9	5 391	97,9	5 531	99,4
Norte	259	86,9	422	94,0	442	98,4
Nordeste	1 371	93,8	1 722	96,4	1 772	98,8
Sudeste	1 429	99,9	1 666	100,0	1 668	100,0
Sul	834	97,3	1 142	98,5	1 185	99,7
Centro-Oeste	352	92,9	439	98,4	464	99,6

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 1989/2008.

Notas: 1. Considera-se o município em que pelo menos um distrito (mesmo que apenas parte dele) é abastecido por rede geral de distribuição de água.

2. O total de municípios era de 4 425, de 5 507 e 5 564, em 1989, 2000 e 2008, respectivamente.

O Brasil, devido a suas diferenças econômicas, sociais e regionais, apresenta grande disparidade de realidades com relação ao abastecimento de água em suas regiões. *“A Região Sudeste apresentou, em 2008, uma cobertura de 87,5% dos domicílios abastecidos por rede geral. Entretanto, na Região Norte (45,3%), menos da metade dos domicílios foram abastecidos por rede geral, permanecendo praticamente inalterado o quadro de oito anos atrás. Na Região Nordeste (68,3%), ocorreu um incremento de 14,4% no período de 2000 a 2008. As demais regiões mantiveram um padrão muito parecido de crescimento de domicílios abastecidos.”* (IBGE, 2010). Conforme Figura 1.



Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000/2008.

Figura 1. Domicílios abastecidos de água por rede geral, segundo as Grandes Regiões – 2000/2008 (IBGE, 2010)

Apesar do crescimento de investimentos na área de abastecimento de água, é evidente que ainda existe um grande déficit na prestação desse serviço, haja vista que 12 milhões de residências não possuem qualquer tipo de acesso à rede geral. Sendo a maior parte dessa deficiência encontrada na Região Norte, seguida das Regiões Nordeste, Centro-Oeste, Sul e Sudeste.

No quesito da qualidade de água, se encontram fragilidades. Apesar de a maior parte dos municípios afirmarem que há proteção do manancial na captação de água para abastecimento, há deficiência na fiscalização dessa proteção por parte do órgão público. Tal problemática pode ser observada devida falta de alguma legislação a favor da manutenção dos mananciais em mais de 2/3 dos municípios. Legislação, a qual visaria o controle efetivo da qualidade de água na captação dos mananciais, sendo esses, devidamente protegidos de lançamentos de resíduos provenientes de esgoto sanitário, resíduos industriais, agrotóxicos e outros meios de contaminação.

*“A maior parte dos municípios brasileiros (87,2%) distribuía a água totalmente tratada. No entanto, há que se registrar que em 6,2% dos mesmos a água era apenas parcialmente tratada e, em 6,6%, não tinha nenhum tratamento. [...] Observa-se, ainda, que dos 365 municípios do País que distribuíam água por rede geral sem nenhum tipo de tratamento, 99,7% tinham população com até 50 mil habitantes e densidade demográfica menor que 80 habitantes por quilômetro quadrado.” (IBGE, 2010).*

Quando analisada a situação de municípios ainda menores, os quais possuem no até 20000 habitantes e que correspondem a 73% dos municípios brasileiros, conforme Tabela 2, percebe-se uma precária qualidade do sistema de abastecimento dessas comunidades, na qual somente 63% dos domicílios recebem abastecimento de água, como pode ser averiguada na Tabela 3.

Tabela 2. População total, total de municípios e respectivas distribuições percentuais, segundo os estratos populacionais dos municípios - 2000 (IBGE, 2002)

Estratos populacionais	População		Municípios	
	Total	Distribuição percentual (%)	Total	Distribuição percentual (%)
<b>Total</b>	<b>169 799 170</b>	<b>100,0</b>	<b>5 507</b>	<b>100,0</b>
Até 20 000 habitantes	33 437 404	19,7	4 018	73,0
Mais de 20 000 a 45 000 habitantes	26 177 323	15,7	908	16,5
Mais de 45 000 a 100 000 habitantes	23 583 405	13,9	357	6,5
Mais de 100 000 a 300 000 habitantes	26 455 991	15,6	158	2,9
Mais de 300 000 habitantes	60 145 047	35,4	66	1,2

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Departamento de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000.

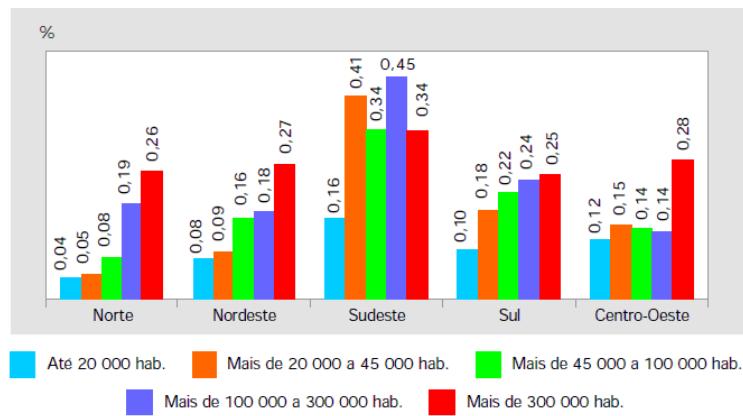
Tabela 3. Total de domicílios e de economias abastecidas e respectivas distribuições percentuais, segundo os estratos populacionais dos municípios – 2000 (IBGE, 2002)

Estratos populacionais	Domicílios		Economias abastecidas	
	Total	Distribuição percentual (%)	Total	Distribuição percentual (%)
<b>Total</b>	<b>54 265 618</b>	<b>100,0</b>	<b>34 657 561</b>	<b>63,9</b>
Até 20 000 habitantes	10 617 142	19,6	4 936 835	46,5
Mais de 20 000 a 45 000 habitantes	8 119 062	15,0	4 157 048	51,2
Mais de 45 000 a 100 000 habitantes	7 415 699	13,7	4 625 199	62,4
Mais de 100 000 a 300 000 habitantes	8 501 011	15,7	5 958 403	70,1
Mais de 300 000 habitantes	19 612 704	36,1	14 980 076	76,4

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Departamento de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000.

Nota: Inclui os domicílios particulares permanentes ocupados, vagos, fechados e de uso ocasional.

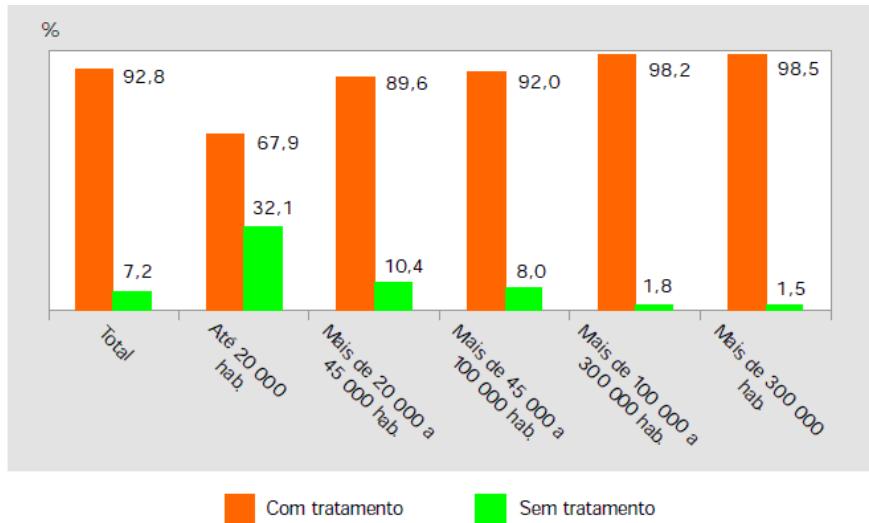
Ademais, a situação em municípios com baixa densidade demográfica é ainda mais precária em regiões onde a distribuição de água é mais crítica, como pode se observar na Figura 2.



Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Departamento de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000.

Figura 2. Água distribuída com tratamento em, m<sup>3</sup> per capita, por estratos populacionais, segundo Grandes Regiões - 2000 (IBGE, 2002)

Isso ocorre em algumas situações, devido à falta de investimento público ou privado e à deficiência no planejamento, implantação e manutenção da estação de tratamento de água nessas comunidades. Ao contrário do que pode ser averiguado em municípios com alta densidade demográfica, os quais apresentam, em porcentagem, uma alta taxa de tratamento da água distribuída, segundo Figura 3.



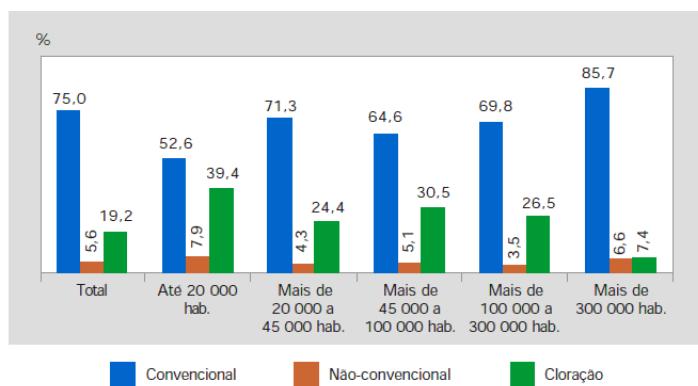
Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Departamento de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000.

Figura 3. Proporção do volume de água distribuída por dia, com e sem tratamento, segundo os estratos populacionais dos municípios - 2000 (IBGE, 2002)

Contudo, vale ressaltar que apesar de muitos municípios não receberem água por meio de redes de tratamento, isso não implica que a qualidade de água, utilizada por estas populações, seja baixa. Isto ocorre pelo fato de que em alguns desses domicílios, a água provém de mananciais subterrâneos por meio do aproveitamento do lençol artesiano.

*“O maior volume de água tratada e distribuída por rede geral (69,2%) recebia tratamento convencional. Nesse processo, a água bruta passa por tratamento completo em uma ETA, dotado dos processos de floculação, decantação, filtração e desinfecção (cloração), podendo ocorrer também a correção do pH e a fluoretação. O tratamento do tipo não convencional era efetuado em 7,5% da água distribuída, através de processos, tais como: clarificador de contato; estação de tratamento de água (ETA) compacta; filtração direta; dessalinização; etc. A simples desinfecção é aquela realizada quando a água bruta recebe apenas uma desinfecção (cloração e outros) antes de ser distribuída na rede, e ocorreu em 23,2% da água distribuída.” (IBGE, 2010).*

Percebe-se inclusive que o tipo de tratamento utilizado em determinadas populações se relaciona com a densidade demográfica das mesmas, na qual o tratamento convencional é utilizado com maior frequência em grandes regiões, ou seja, de alto número de habitantes, enquanto as tecnologias de tratamento não convencional são bastante empregadas em comunidades menores, como pode ser observado na Figura 4.



Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Departamento de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000.

Figura 4. Proporção do volume diário de água tratada e distribuída, por tipo de tratamento, segundo os estratos populacionais dos municípios - 2000 (IBGE, 2002)

Ainda com relação à qualidade do serviço de distribuição da água por rede de abastecimento, cabe mencionar que segundo dados obtidos no PNSB 2008, em 1 296 (23,4%) municípios, especialmente na região Norte e Nordeste, ocorreu racionamento de água e dentre esses, (29,2%) ocorreram em função da deficiência na distribuição.

### **3.2. Transferência de Tecnologias de Tratamento de Água**

Na criação de uma tecnologia de saneamento, metodologias, disponibilidade de recursos humanos e materiais, são considerados ideais e para a instalação e manutenção eficiente da mesma. Porém, ao se instalar uma tecnologia em um local diferente daquele, para qual o mesmo foi projetado, deve-se analisar todos os fatores que influenciam na continuidade de operação do sistema, realizando-se adaptações, se necessário (GALTUNG, 1978). A implantação de uma tecnologia não é genérica a todas as comunidades e populações, o estudo do local receptor deve ser minuciosamente analisado, levando-se em consideração todas as variáveis necessárias para o bom funcionamento do projeto. Esse processo de análise e adaptação é denominado *Transferência de Tecnologia*.

Para se implantar uma Estação de Tratamento de Água (ETA), em um determinado local, deve-se analisar não somente as características da população local e as disponibilidades dos recursos necessários à sua implantação e manutenção, mas também a própria metodologia a ser implantada, levando em consideração sua institucionalização, o grau de conhecimento necessário em seu funcionamento, seu custo ambiental e econômico (SABOGAL PAZ & DI BERNARDO, 2008).

Em populações pequenas, com menos de 20000 habitantes, o estudo da transferência de tecnologia, na área de saneamento, deve ser ainda mais detalhado (FOSTER, 1966). Tal fato implica a dificuldade em conseguir determinar os interesses da população, os insumos requeridos pela técnica e a mão de obra específica para a manutenção, operação e administração de estações de tratamento. Deve-se ressaltar que a implantação de uma tecnologia, em comunidades desse porte, apresenta dificuldades não somente na instalação e manutenção do projeto, mas também proporciona alterações nos hábitos da população, os quais implicarão em mudanças na forma de manejo e uso da água (VALENCIA, 2000; SABOGAL PAZ e DI BERNARDO, 2008).

Além de ser responsável por proporcionar o bom funcionamento da ETA, a população em questão é o motivo pelo qual a tecnologia foi implantada no local. Desse modo, a adaptação e aceitação da comunidade à tecnologia são fundamentais para que não haja o abandono futuro da mesma. Para que isso ocorra, deve-se levar em consideração o modo como a comunidade deseja que a ETA funcione, tanto em aspectos administrativos como funcionais, podendo a mesma, opinar e influenciar na tomada de decisões. Ademais, é necessário que a população esteja consciente da importância do empreendimento, juntamente a capacitação sobre o modo de funcionamento e operação do sistema. Esses requisitos são fundamentais para que a população se sinta integrada e socializada a nova tecnologia, possibilitando a percepção do quanto o tratamento de água os beneficia e resulta

na melhoria da qualidade de vida da própria comunidade (CINARA e IRC, 1999 e LOTHERINGEN, 1991).

Mais um quesito a ser levado em consideração na determinação da tecnologia a ser adotada é a taxação de custo do sistema, a qual deve ser compatível ao grau aquisitivo da população em detrimento aos gastos de operação da ETA. A partir do momento em que a comunidade terá que contribuir financeiramente com o projeto, a mesma cobrará maior liberdade nas decisões do mesmo (VALENCIA, 2000; VISSCHER *et al* 2000).

A transferência de tecnologia em uma obra sanitária, ao selecionar uma ETA adequada a uma população, envolve dois conceitos: a *aceitação* da tecnologia pela comunidade, de modo e que a mesma considere a tecnologia como sua e o *grau de institucionalização* da estação de tratamento, a qual determina o nível de conhecimento técnico necessário para operar a tecnologia (WASH, 1993).

Portanto, a comunidade deverá transformar o sistema em um indicador de sua identidade cultural local, exercendo controle e autoridade no projeto. Para tal, cabe aos órgãos responsáveis informar a população de todas as variáveis relacionadas ao funcionamento da ETA, a qual deve possuir grau de complexidade e impacto ambiental compatível às disponibilidades técnicas e econômicas locais (CINARA e IRC, 1999; DI BERNARDO & SABOGAL PAZ, 2008).

Em inúmeros casos onde houve alto investimento na construção da estação de tratamento de água, contudo, a análise de transferência de tecnologia não foi considerada, o resultado foi o abandono desses sistemas, culminando na perda de esforços, investimentos e recursos (DI BERNARDO & SABOGAL PAZ, 2008).

### **3.2.1 Níveis de Seleção de Tecnologias**

Segundo Di Bernardo e Sabogal Paz (2008) e Sabogal Paz (2010), o processo de seleção de tecnologias de tratamento de água é pautado por sete níveis sequenciais, sendo considerados aspectos institucionais, socioculturais, locacionais, econômicos, técnicos, ambientais e financeiros, como pode ser observado na Figura 5.

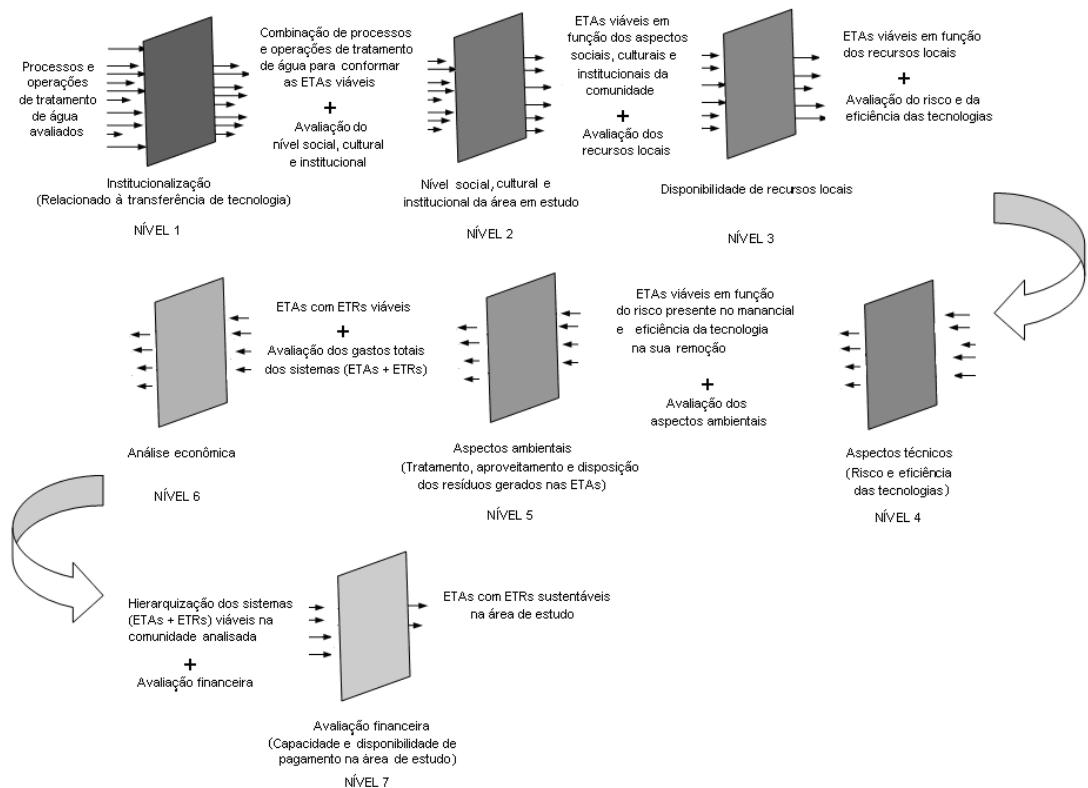


Figura 5. Método de interação de fatores, variáveis e indicadores de seleção de tecnologias de tratamento de água (DI BERNARDO & SABOGAL PAZ, 2008; SABOGAL PAZ, 2010).

Uma correta escolha das tecnologias envolve a avaliação sequencial dos sete níveis indicados na Figura 5 e não somente a qualidade da água do manancial (Nível 4) e/ou avaliação de custos (Nível 6) como comumente é adotado na prática pelos engenheiros projetistas e instituições governamentais. Neste contexto, para tentar facilitar a seleção de tecnologias de tratamento de agua, o presente trabalho de conclusão de curso somente avaliou o Nível 1 da Figura 5 – Institucionalização (primeira barreira a ser considerada na difícil tarefa de seleção tecnológica).

A institucionalização consiste na primeira etapa da avaliação de tecnologias a serem implantadas, segundo modelo da Figura 5. Tal nível determina a capacidade de um engenheiro em idealizar, dimensionar e construir uma tecnologia, conjuntamente com a avaliação da difusão da tecnologia nos meios profissional e acadêmico.

Considerar uma tecnologia institucionalizada remete a ideia de que um profissional da área é capaz de idealizá-la, projetá-la e construí-la, pois durante sua formação o mesmo adquiriu os conhecimentos necessários. Assim, a institucionalização de uma dada tecnologia pode variar para cada profissional, dependendo da sua formação acadêmica e experiência na área. Ademais, vale frisar que o grau de institucionalização de uma tecnologia é dinâmico, isto é, o mesmo varia com o tempo em função do avanço tecnológico.

### **3.3. Desenvolvimento de Estratégias para Transferir Tecnologia em Pequenas Comunidades**

Para que a implantação de uma tecnologia galgue sucesso em seu desenvolvimento, é necessário que a transferência da mesma se acorra de modo minucioso em todos os seus aspectos, tanto de operação e institucionalização, como de agregação de um valor de identidade cultural e social.

CINARA e IRC (1999) determinam que a fim de integrar todas as variáveis decisivas à concretização de uma ETA e todos os interesses envolvidos no processo de transferência de tecnologia, foram criadas estratégias que viabilizam a participação das diversas camadas sociais. Essas diferentes classes envolvidas são caracterizadas por: órgãos responsáveis pela realização do projeto, universidades e receptores da tecnologia, ou seja, a própria comunidade. Todos devem agir de maneira participativa, em prol de solucionar os desafios a serem encontrados na implementação do projeto.

Essas estratégias sugeridas por CINARA e IRC (1999) são:

- Uma organização líder com acesso à informação chave;
- Um espaço para tomar de decisões;
- Análise participativa dos problemas;
- Identificação, priorização e adoção de soluções;
- Avaliação e troca de experiências.

#### ***3.3.1. Uma organização líder com acesso à informação chave***

Todo projeto a fim de manter seu foco, centralizar opiniões, organizar tarefas, tomadas de decisões e metas, deve contar com o auxílio de uma organização que se responsabilize pelo andamento do projeto e pela satisfação das partes envolvidas. No caso da construção e manutenção de uma Estação de Tratamento de Água, essa organização é fundamental. Além de centralizar qualquer conflito entre as partes envolvidas, uma organização líder acrescenta credibilidade à obra, especialmente se a mesma possuir vínculos com grandes órgãos responsáveis, de renome internacional.

Não obstante, a escolha do órgão responsável deverá ser imparcial mediante aos membros, fornecedores e clientes, ou qualquer outra classe envolvida na realização do projeto, a fim de que nenhuma decisão seja tomada desconsiderando algum fato que causaria o fracasso da tecnologia. Por se tratar não somente da implantação da obra, mas também da introdução da mesma a comunidade, procedida de sua manutenção, o órgão em questão deve manter um elo de observação e controle da tecnologia durante um longo período. Percebe-se,

que a construção de um elo com relação ao projeto deve ser de longo prazo, e esse deve ser um fator determinante na escolha do líder.

Órgãos públicos usualmente se apresentam como bons apaziguadores de interesses comuns e sociais, contudo, pelo fato de não possuírem foco em desenvolvimentos de tecnologias transferidas e por haver grande rotatividade nos servidores públicos, devida às mudanças eleitorais em cargos do governo, esses não seriam indicados a assumir essa posição de liderança, haja visto que acompanhamento em longo prazo faz-se necessário. Não obstante, uma opção interessante seria que a liderança tomasse partido por meio de uma Universidade, a qual além de privar pelo desenvolvimento de tecnologias e aplicabilidade de pesquisas, a mesma deve agregar a melhoria na inter-relação da comunidade para com o projeto, priorizando a solução, por meio de uma equipe multidisciplinar, de problemas e conflitos sociais, ambientais e de saúde pública, como é o caso do saneamento básico. (CINARA e IRC, 1999).

### ***3.3.2. Um espaço para tomar de decisões***

No desenvolvimento da transferência da tecnologia, além de a aceitação e participação da comunidade ser essencial, outros setores são determinantes para o progresso do projeto em nível de tomada de decisões. Logo, os níveis determinantes são:

- O nível de políticas nacionais e internacionais, tornando as decisões macro,
- O nível institucional, relacionadas com decisões operacionais e
- O nível da comunidade, com seus desejos, expectativas e possibilidades para manter certos níveis de serviço.

Segundo CINARA e IRC (1999) a partir desses setores que influenciam diretamente o modo de implantar a tecnologia, surgem diversas opiniões e interesses. De modo a centralizar essas questões, a escolha de um local que visa a revisão das diferentes percepções, compartilhamento de soluções e diálogo, é fundamental para haja a análise do problema e discussão perante todas as partes envolvidas.

Pelo fato de a comunidade estar plenamente envolvida nos critérios de tomada de decisões é importante que outros órgãos como, comitês de água, associações ambientais e de usuários ou cooperativas, estejam sempre representadas. Logo, um local para realização de negociações com a sociedade, a integração de todos os envolvidos deve ser discutido, também, a nível institucional e local.

### **3.3.3. Análise participativa dos problemas**

Para o desenvolvimento de soluções aos impasses de divergentes opiniões das partes envolvidas, tem-se que estabelecer estratégias de como analisar as diferentes perspectivas frente às tomadas de decisão. Apesar de a comunidade ser decisiva na escolha dos parâmetros escolhidos, pelo fato de ela ser a beneficiada e ser a receptora direta das limitações do projeto, cabem aos demais órgãos e instituições conceitualizar seus impasses e problemáticas e adequá-los juntamente à comunidade.

Conforme Quiroda e Visscher (1999), a fim de avançar o processo de resolução de problemas, os envolvidos podem dividi-los em classes, seguindo os diferentes níveis:

- Problemas com soluções conhecidas que já tenham sido aplicados com sucesso na área de trabalho e já foram apropriados por comunidades ou instituições da região;
- Problemas com soluções conhecidas em outras regiões com as mesmas condições institucionais, mas não têm sido aplicados na área de trabalho. Estas soluções precisam ser avaliadas e adaptadas de modo a garantir que cumpram o seu papel, e;
- Questões relacionadas às novas áreas de desenvolvimento ou a ser implementadas em condições completamente diferentes das condições existentes, para que eles requerem a coordenação de nível político e institucional, de modo que requer o desenvolvimento e validação de sistemas metodológicos e alternativas institucionais para uso anteriormente na região.

O primeiro tipo de problema pode ser resolvido através da ação das instituições do setor, visando a análise do problema por meio da comunicação com a comunidade sobre a metodologia ou técnica implantada, de modo a proporcionar uma solução de curto, médio ou longo prazo. Já o segundo tipo de problema, demanda de avaliação e análise mais detalhada devida à necessidade de realizar alterações na tecnologia ou metodologia. Ademais, como haverá incertezas na efetividade daquilo que foi modificado, um período de experimentação é essencial para implementar o projeto em grande escala, a fim de não gerar futuros imprevistos. Para tal, é ideal que um grupo de pesquisa independente tome frente a essa etapa, incluindo desse modo, a ação da universidade, ao fomentar a área de pesquisa da mesma, na adaptação da tecnologia.

O último tipo de problema envolve uma análise mais detalhada, para isso deve haver a inclusão de uma coordenação política e institucional, a qual analise se há necessidade de realizar alterações na comunidade ao inserir aprendizagem em equipe, visando a adaptação da sociedade para com a tecnologia. Para o desenvolvimento dessa solução, é fundamental a participação de pesquisas universitárias, a fim de verificar quais as adaptações por parte da comunidade são válidas, aplicáveis e aceitáveis. Portanto, a informatização adequada e

contínua da população, faz-se necessária, de modo a galgar sucesso na implantação da tecnologia (CINARA e IRC, 1999).

#### ***3.3.4. Identificação, priorização e adoção de soluções***

A maneira mais prática e eficiente para solucionar um grande volume de questionamentos, é dissipar as problemáticas perante todos os níveis de tomada de decisões envolvidos, e a partir de então, estabelecer prioridades na resolução daqueles. Apesar de fundamental, tal divisão de questões prioritárias não é facilmente constituída. Isso se dá pelo fato de que cada parte integrante do projeto possui um interesse conflitante com os demais. O modo de solucionar esse impasse é utilizar-se de um facilitador que não possua vínculos com nenhuma das partes, pois assim se poderá averiguar a melhor alternativa de maneira neutra e imparcial, especialmente, sem marginalizar a opinião da comunidade em todo processo de seleção.

Com o objetivo de auxiliar o desenvolvimento de soluções, as problemáticas devem ser separadas em níveis institucionais, a qual indicaria alternativa para o caso em questão. Podendo essas, serem localizadas em centros de pesquisa da região ou no país, em projetos previamente aplicados em perímetro nacional, ou em universidades internacionais.

Depois de selecionadas as alternativas, deve-se criar um banco de dados os quais possibilitem a comparação e determinação da solução mais adequada, levando em consideração as vantagens e desvantagens de cada solução, bem como as demandas de operação, manutenção e custo (CINARA e IRC, 1999).

#### ***3.3.5. Avaliação e troca de experiências***

Segundo CINARA e IRC, 1999, essa etapa consiste na disseminação de todas as informações obtidas durante o processo, de modo a viabilizar um trabalho em equipe, o qual promove o desenvolvimento e progresso da tecnologia aplicada. Através da visita a outras estações de tratamento que fluem com sucesso, da criação de documentos, tais como manuais de operação, manutenção da tecnologia e relatórios corriqueiros sobre o andamento da estação, pode-se melhorar a situação do serviço de abastecimento e suas implicações, gerando-se a possibilidade de trocar experiências com outras organizações, institutos e pessoas que trabalham na área de saneamento.

A troca de experiências é fundamental e necessita que todos se mostrem empenhados e unidos a favor do sucesso da obra, permitindo que o conceito de “implantar” uma determinada tecnologia se torne um projeto de “compartilhamento”, o qual preza que o mesmo seja realizado, implantado e adaptado por todos os envolvidos no processo,

especialmente a própria comunidade. Não obstante, a integração de experiências auxilia no desenvolvimento contínuo de metodologias de transferência de tecnologias de tratamento de água, auxiliando a aplicação das mesmas em outras comunidades.

### **3.3.6. A Formação de Capacidades Mediante Projetos de Aprendizagem em Equipe**

A partir do momento em que se é selecionada a tecnologia que mais se adequa ao local faz-se necessário realizar a integração e capacitação dos membros da comunidade, para que esses se adequem e aprendam sobre o funcionamento da mesma. Apesar de projetos-pilotos serem importantes para o dimensionamento do projeto, esses não são suficientes para realizar implantação do projeto em escala real, isso ocorre pelo fato de os projetos-pilotos não considerarem as reais problemáticas da população e do local, sendo essa ferramenta, somente atrelada à técnica funcional do equipamento (CINARA e IRC, 1996).

Segundo CINARA e IRC (1996), programas realizados pela TRANSCOL (Programa de Transferência Integral e Organizada de Tecnologia em Sistemas de Abastecimento de Água) na Colômbia, serviram de análise para a determinação da melhor maneira de se realizar a transferência da tecnologia em comunidades pequenas, sendo a melhor opção a capacitação dos membros comunitários por meio da aprendizagem em equipe, também caracterizada na teoria *learn-by-doing* (aprender fazendo).

Esse modo de introduzir a tecnologia se mostrou mais adequada por conseguir solucionar diversos impasses na realização dos projetos, tais como a capacitação e adaptação dos membros das comunidades, a falta de acessoria e financiamento por parte dos órgãos públicos, construção e gestão do projeto, má qualidade do sistema de abastecimento, desinteresse por parte de membros da comunidade, inclusive questões relacionadas ao uso sustentável da água e proteção dos mananciais.

Através da aprendizagem em equipe foi possível centralizar os problemas e analisá-los, por meio da troca de experiências, discussão e busca por soluções tangíveis. O nível de participação deve abranger as camadas política, institucionais, profissionais e, principalmente, comunitária, e todas devem interagir igualmente. De modo que todos percebam as visões de cada setor e juntos conheçam diferentes vertentes de opiniões. É preciso privar pela comunicação, a qual será responsável por interligar os membros envolvidos, em prol do aprendizado comunitário, desenvolvimento do projeto, e o fortalecimento das cooperações nas tomadas de decisões.

Ademais, além de proporcionar o aumento da participação da comunidade, a descentralização das funções e responsabilidades gera a melhoria na eficiência do projeto, pelo fato de unir conhecimentos multidisciplinares, os quais são difundidos com facilidade por

meio da comunicação entre os governos, intuições, ONGs e os próprios usuários do serviço. (SABOGAL PAZ & DI BERNARDO, 2008).

Fleck (1998) determinou que para que a participação coorporativa seja incorporada no projeto é necessário que a mesma siga determinados princípios, tais como:

- Flexibilidade: significa que os resultados são produzidos em equipe;
- Transparência: implica a imparcialidade na tomada de decisões ;
- Multidisciplinaridade: envolve profissionais multidisciplinares trabalhando em equipe;
- Comunicação: demanda que instituições, ONGs, órgãos públicos interajam por meio de uma comunicação direta;
- Orientação: determina que o grupo tome decisões para orientar o projeto e solucionar problemas;
- Parcada do poder: significa o aumento do poder de decisões ao grupo;
- Presença local: demanda que a comunidade participe ativamente do projeto;
- Documentação: registra todas as etapas do processo.

No cenário atual, destaca-se também a importância da consulta e colaboração dos comitês de água e bacias, os quais são fundamentais no novo cenário da gestão dos recursos hídricos, e que por meio do plano de gestão, podem auxiliar nas tomadas de decisões.

Esses princípios acima citados, quando atrelados a troca de informações, ao acompanhamento contínuo da manutenção da tecnologia e aos auxiliadores da participação efetiva da comunidade, indicados no item 3.3, viabilizam a adaptação das tecnologias e metodologias às necessidades locais, buscando inclusive o modo mais eficiente e sustentável para operá-las.

### **3.4. Transferência de Tecnologias de Tratamento de Água na América Latina e no Brasil**

#### ***3.4.1. Filtros Lentos no Brasil***

Segundo Hespanhol (1969), a utilização de filtros lentos teve seu início no século XVIII na Escócia e devida sua simplicidade e eficiência na remoção de agentes biológicos da água, a mesma se difundiu perante inúmeros países como Alemanha, Inglaterra, Rússia, Costa Rica e inclusive Brasil.

A evolução das tecnologias permitiu que inúmeras alternativas de tratamento fossem criadas. Desse modo, devida as peculiaridades de instalação e manutenção dos filtros lentos como, a necessidade de grandes áreas, alto investimento inicial, grande empregabilidade de mão-de-obra para limpeza dos filtros, a utilização da mesma foi discriminada pelo sistema

público, especialmente para sua utilização em comunidades populosas. Contudo, suas “limitações” apresentaram-se benéficas a sua aplicabilidade em pequenas comunidades de países em fase de desenvolvimento, as quais não possuem as qualificações técnicas necessárias para a implantação de tecnologias mais desenvolvidas. Contudo, apresentam grande extensão territorial e, consequentemente, baixo custo de terrenos e custo de mão-de-obra barata devida falta de capacitação e oferta de trabalho.

A fim de determinar a real eficiência e aplicabilidade dos filtros lentos no Brasil, Hespanhol (1969) em seus estudos, concluiu que a apesar de algumas experiências brasileiras terem galgado sucesso em sua implantação, como é o caso da estação mista localizada no Estado de Minas Gerais nas cidades de Viçosa, Bonsucesso e Medina, inúmeras estações se encontraram em estado precário.

Na maioria das estações avaliadas, a concepção do projeto não foi realizada de maneira devida, e em outros casos houve modificação na construção, o que supriu fundamentos e equipamentos essenciais ao perfeito funcionamento do mesmo, tais como unidade de reserva para que não haja a sobrecarga do sistema ao se realizar a limpeza dos filtros, controladores de vazão, medidores de perda de carga, sistemas drenantes e entrada de água adequada nos sistemas.

Não somente os projetos apresentaram falhas, mas a parte operacional e de manutenção igualmente se mostraram deficientes. Na parte operacional, as lacunas provenientes da falta de equipamentos ou descuido com a manutenção do sistema projetado foram verificados, principalmente, na altura indevida da camada de água sobre o filtro, no desrespeito ao limite de perda de carga, no processo de lavagem e reposição da areia, na deficiente maturação da camada biológica, na falta de desinfecção da água filtrada por meio de produtos químicos, na ausência de controle sobre a qualidade do efluente tratado, no período de filtração entre as lavagens - que era menor do que necessário. Já na manutenção do projeto, os principais problemas foram: desinteresse dos operadores e administradores, a aparência deteriorada das unidades filtrantes e do sistema de tratamento em geral, a deficiência na reposição de aparelhos e acessórios, a reposição incorreta do material filtrante sem a consideração das características granulométricas apropriadas, e a falta de produtos químicos para desinfecção (HESPAÑHOL, 1969).

Apesar de ser uma tecnologia que não requer muitos fundamentos teóricos em seu funcionamento e consequentemente não demandar uma mão-de-obra qualificada, a capacitação dos operadores a cerca dos fundamentos mínimos é indispensável, podendo ser realizado por meio de treinamentos, programas de aprendizagem e confecção de material educativo. O acompanhamento inicial e constante da construção do projeto, aliados à análise participativa

da população, em comitês de água e bacia, e dos diferentes setores envolvidos, inclusive universidades, para a realização de pesquisas, seriam fundamentais para solucionar diversos problemas encontrados no setor estrutural e operacional das obras, afim de que, as adaptações dos projetos, de acordo com as características dos locais, fossem devidamente analisadas e previamente desenvolvidas.

Não obstante, o desinteresse público municipal e da própria comunidade em averiguar a manutenção das estações reflete a realização insuficiente do processo de transferência da tecnologia dos filtros lentos no Brasil.

### ***3.4.2. Filtração em Múltiplas Etapas (FiME) na Colômbia***

A tecnologia de filtração em múltiplas etapas (FiME) foi desenvolvida a partir da combinação de tecnologias de pré-tratamento juntamente à tecnologia de filtração lenta, sendo geralmente procedida da desinfecção da água filtrada, visando a melhor qualidade do efluente destinado a população. A tecnologia foi bem recebida na Colômbia, onde um grande desenvolvimento sobre a sua eficiência, características e aplicabilidade foi realizada por CINARA e IRC conjuntamente com o apoio do governo holandês e colombiano, entre outras organizações nacionais e internacionais (GALVIS *et al*, 1997).

Segundo CINARA e IRC (1999), existem pelo menos 50 estações em funcionamento na Colômbia as quais apresentam excelentes resultados na remoção de microrganismos e qualidade do efluente. Mais uma vantagem da FiME é o baixo custo de operação e manutenção, por ser organizado e mantido pela própria comunidade, a qual não necessita de mão-de-obra especializada, mas somente de instruções técnicas relacionadas a tecnologia em questão.

Na Colômbia, o TRANSCOL (Programa de Transferência Integral e Organizada de Tecnologia em Sistemas de Abastecimento de Água) objetivou desenvolver e compartilhar as experiências da tecnologia de filtragem lenta com pré-tratamento, logo a oportunidade de aperfeiçoar o desenvolvimento da tecnologia FiME surgiu e iniciou-se o processo de transferência da mesma.

Tal procedimento levou em consideração os conhecimentos e experiências da comunidade e das instituições evolvidas, permitindo que uma equipe multidisciplinar fosse formada. Composta por entidades e pessoas de nível político, profissional, técnico, comunitário e institutos de pesquisa. A equipe viabilizou a comunicação entre os setores, de forma a solucionar as limitações e barreiras advindas da introdução da tecnologia e cumprir com as metas e objetivos de cada setor envolvido, principalmente no que tange a os interesses

das pessoas que seriam beneficiadas pelos projetos e a manutenção dos sistemas durante um longo período (CINARA e IRC, 1999).

Uma análise da complexidade da tecnologia e as demandas necessárias para a sua perfeita operação, serviu de base para adaptação das mesmas às condições do local. Não obstante, em todo o processo foi priorizado o funcionamento correto da tecnologia FiME e a aceitação dessa, perante a comunidade.

Inclusive, ao se realizar uma pesquisa sobre a funcionalidade da tecnologia e a aceitação da comunidade, o resultado demonstrou que tanto os funcionários da agência prestadora do serviço como a própria população acreditaram no potencial da tecnologia em comunidades rurais e pequenas e médias cidades. Confirmou também, que a operação não necessita de intervenções externas, podendo ser gerida e operada pelos próprios membros das comunidades, contando somente com o auxílio limitado das instituições especializadas. Ademais, as comunidades afirmaram que a tecnologia FiME foi satisfatória ao atender seus almejos, contudo ainda apresentavam deficiências na remoção da coloração da água tratada (CINARA e IRC, 1999).

### **3.5. Transferência de Tecnologias em Outras Áreas de Conhecimento**

A transferência de tecnologia faz-se necessária na implantação de qualquer obra ou mecanismo a ser introduzido em um local diferente do qual o mesmo foi desenvolvido, ou que nunca foi previamente utilizado. Contudo, para cada tipo de tecnologia a ser implantada existe uma maneira de se analisar a transferência.

#### ***3.5.1. Transferência de Tecnologias na Indústria***

Sabendo-se que o mercado industrial está cada vez mais competitivo, a análise da eficiência produtiva de uma indústria é fundamental para o desenvolvimento de uma empresa no mercado emergente. Desse modo, a fim de prevenir que tecnologias a serem implantadas em uma indústria sejam mal operadas, ou que não apresentem a eficiência prevista, é necessário realizar a análise da sua transferência.

Em seu estudo sobre transferência de tecnologias para indústrias, Cysne (2005) descreve que para se utilizar uma inovação tecnológica, a transferência deve ser implementada em união com universidades, as quais devem auxiliar na compreensão dos problemas, limitações e lacunas dos processos de implantação. Objetiva-se que sejam criados modelos conceituais que ajudem no processo de entendimento de uma determinada transferência, incluindo a simplificação de artigos de linguagem complexa, como documentos científicos, a fim de facilitar o entendimento das metodologias, tornando-as mais acessível às

empresas. A compreensão da origem da tecnologia, o detalhamento dos componentes requeridos para o bom funcionamento do projeto, o entendimento dos aspectos socioculturais dos provedores e receptores, a informatização a utilização de patentes, manuais de manutenção e operação, infraestrutura, mecanismos e ajustes necessários na adequação tecnológica são fatores que também influenciam diretamente na difusão da tecnologia.

Conforme, Cysne (2005), outro aspecto importante no processo de transferência é a comunicação efetiva entre receptor e fornecedor da tecnologia, de modo que o entendimento, absorção e consequentemente, a implantação da tecnologia seja efetuadas com sucesso. É possível que essa conexão abranja distinções sociais entre países, companhias e pessoas, dependendo da procedência das entidades envolvidas, o que proporciona o compartilhamento e soma de conhecimentos, viabilizando o desenvolvimento de descobertas científicas. Porém, segundo Jensen e Scheraga (1998) a distinção cultural entre o local de procedência da tecnologia e o local de inserção da mesma deve ser a mínima possível, pelo fato de a maior diferenciação cultural causar maior custo na transferência da mesma. Tal teoria se funda nos preceitos de que toda tecnologia fundada em seu país agrupa consigo suas características sociais e culturais de operação e aceitação da tecnologia, logo, se a variabilidade entre as culturas for muito distinta, a mesma apresentará uma maior relação custo/benefício de acordo com o mercado competitivo.

A fim de minimizar as diferenças de comportamento ou de capacitação profissional da tecnologia requerida pelo receptor, teorias como *learn-by-doing* (aprender fazendo) e *learn-by-using* (aprender usando), e o próprio estudo de documentos científicos e técnicos, tem sido estudados a fim de determinar os melhores métodos de aprendizagem para cada caso. Ademais, a esses estudos incluem a absorção de conhecimentos experimentais empíricos, técnicos, habilidades pessoais, perícias, equipamentos, protótipos, troca de experiências (*know-how*), conhecimento dos princípios e natureza da procedência da tecnologia (*know-why*), idéias, entre outros (CYSNE, 2005).

O modelo de transferência de tecnologia em uma indústria, segundo Jensen e Scheraga (1998) além de depender da avaliação do custo-benefício proveniente das adequações e estratégias necessárias à transferência, deve-se analisar aspectos econômicos atuais, os quais envolvem a avaliação da estrutura do mercado, intervenção e estabilidade do governo, ao proporcionar o crescimento de tecnologias inovadoras em mercados cada vez mais competitivos.

### **3.5.2. Transferência de Tecnologias no Meio Rural – Experiência da EMBRAPA/Brasil**

No caso da aplicação de tecnologias área de saneamento, a análise da transferência é fundamental, pois a introdução de novos aspectos técnicos em uma comunidade demanda não somente a eficiência final da tecnologia, mas também questões sociais, culturais e econômicas da população.

A fim de se aprofundar sobre as diversas maneiras de introduzir uma tecnologia em um meio rural, foi consultada a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Instrumentação em São Carlos/SP. Essa instituição indica que esse processo de adaptação da tecnologia é um ponto chave e sensível, quando está interligado ao saneamento básico rural, pelo fato de envolver mudanças de hábitos de higiene da população.

Para os projetos da EMBRAPA relacionados ao saneamento básico rural, como é o caso do projeto da Fossa Séptica Biodigestora, e do Clorador Embrapa, serem implantados e difundidos com facilidade perante a população rural, a EMBRAPA não cobra royalties pela tecnologia, ou seja, o proprietário arcará somente com os gastos de implantação e manutenção da mesma. Para que esses custos sejam os menores possíveis e que o material utilizado seja de fácil acesso, todos os utensílios a serem empregados na obra podem ser encontrados em lojas de material de construção, sendo que a instalação pode ser efetuada por alguém que tenha conhecimento de hidráulica e obras civis. A manutenção da tecnologia também é de simples realização, pois essa, não demanda de equipamentos complexos, como bombas, e desse modo pode ser realizada pelo próprio agricultor.

Para difundir o conhecimento perante diversas comunidades, materiais de divulgação são elaborados para diversos públicos, dentro dos quais se encontram: documentos técnicos, documento "perguntas e respostas", revista em quadrinhos para público infanto-juvenil, folders, vídeo, maquete, etc. Além da divulgação material, a EMBRAPA apresenta suporte a todos os questionamentos da população, através de um atendimento SAC, esse meio de comunicação viabiliza a aproximação da comunidade com o órgão provedor do projeto.

Com o objetivo de consolidar e popularizar a tecnologia frente a diferentes públicos, a EMBRAPA realiza divulgação para agricultores, visitas de campo, feiras agropecuárias, gestores públicos, comitês de bacias, congressos, e participação em premiações, as quais dão credibilidade ao projeto. Sabendo-se que a intenção do programa é a de expandir a tecnologia ao maior número de habitações, que não possuem rede de tratamento de esgoto, é importante que se realizem boas parcerias. Neste quesito, se enquadram parceiros locais, esses, possuem conhecimentos diretos sobre as necessidades da comunidade, suas lideranças, virtudes e dificuldades e serão aqueles que acompanharão os sistemas após a finalização das

obras, são esses: secretarias municipais, associações de agricultores, cooperativas, entre outros. Outras parcerias como fundações, empresas, órgãos públicos financiadores, ONGs, ajudam a capitalizar os projetos de divulgação, e desse modo são fundamentais na manutenção do programa em maior escala.

Como mencionado anteriormente, a boa relação e comunicação com as lideranças, é um ponto facilitador da introdução da tecnologia na comunidade. Em algumas situações esse líder comunitário nem sempre é um cargo público ou ao menos formal, contudo, a inserção do mesmo no projeto facilita a tomada de decisões e a aderência da sociedade. Conjuntamente a essa relação social com o líder, deve-se atentar ao respeito ao agricultor, haja vista que os “invasores” de seu ambiente é a própria tecnologia a ser implantada.

Para que o agricultor perceba que o projeto é benéfico a sua família e sua comunidade, deve-se tratar do assunto com devido cuidado. Inclusive, ao realizar dias de campo, as apresentações da tecnologia devem ser preferencialmente organizadas por parceiros locais, e devem ser claras e objetivas, atentando-se sempre a linguagem utilizada, a qual deve ser apropriada ao público alvo.

Para que todas essas peculiaridades sejam abordadas de maneira correta, é necessário que uma equipe motivada e devidamente treinada, interaja com os interessados de maneira agradável e participativa, sem desconsiderar a relação de plena comunicação com as comunidades e com as parcerias, para o acompanhamento das obras implantadas, e claro, construção e desenvolvimento de outras tecnologias.

### **3.6. Tecnologias de Tratamento de Água**

A máxima proteção contra contaminantes e agentes de veiculação hídrica é garantida em ETAs quando três conceitos fundamentais são satisfeitos: múltiplas barreiras, tratamento integrado e por objetivos. O primeiro conceito sugere que a eficiência tende a ser maior conforme o número de etapas que compõem o sistema; por sua vez, o tratamento integrado refere-se à combinação das barreiras de remoção a fim de alcançar um produto com a qualidade esperada (água potável); e por último, a estratégia de tratamento por objetivos considera que cada etapa deve ter uma meta específica de remoção a ser cumprida de modo que sejam obtidas condições de baixo risco da água para consumo humano (GALVIS *et al.*, 1998); conforme Figura 6.

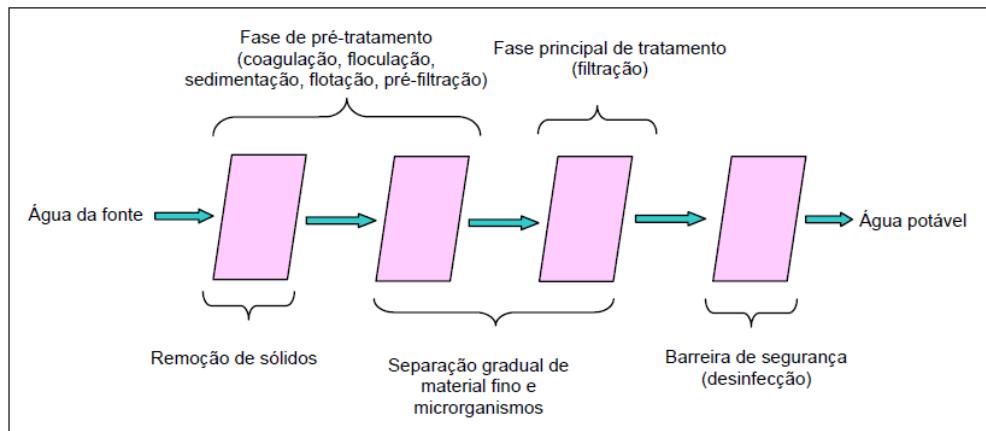


Figura 6. Esquema de aplicação dos conceitos de múltiplas etapas, tratamento integrado e tratamento por objetivos (Adaptado de Galvis et al, 1998)

A interação dos processos e operações de tratamento de água, conforme os conceitos acima citados viabilizou a criação de ETAs, as quais podem ser divididas em dois grupos: sem coagulação química e com coagulação química. Sendo os principais modelos de ETAs que utilizam coagulação química denominados como Filtração Direta Ascendente (FDA), Dupla Filtração (DF), Filtração Direta Descendente (FDD), Floto Filtração (FF) e Ciclo Completo (CC) e sem coagulação química, Filtração em Múltiplas Etapas (FiME), conforme Figura 7.

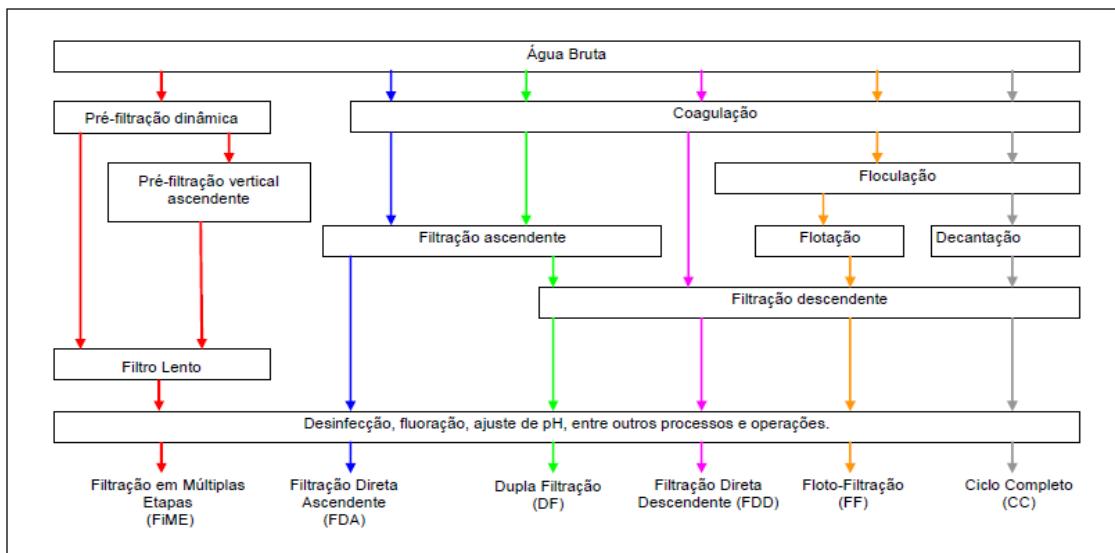


Figura 7. Principais tecnologias de tratamento de água para consumo humano  
(SABOGAL PAZ, 2007)

### 3.6.1. Ciclo Completo

Também conhecida como tratamento convencional, a tecnologia inicia-se com a etapa da coagulação seguida de floculação, sedimentação, filtração e finalmente, desinfecção e fluoração. Sendo esse o tipo de ETA mais utilizado no Brasil, tratando 70% do volume de água

distribuída. O ciclo completo possui grande aplicabilidade nas Regiões Sul e Sudeste do país (IBEG 2002).

### **3.6.2. Filtração Direta Ascendente - FDA**

Na filtração direta ascendente, após a coagulação por adsorção-neutralização de cargas, a água é introduzida na parte inferior de uma unidade de filtração de fluxo ascendente, a qual apresenta sistema de drenagem composto de camada pedregulho e meio filtrante, finalmente a água filtrada e desinfetada, estabilizada e fluoretada para posterior distribuição à população.

Na camada pedregulho 40% das impurezas são retidas, logo, a fim de remover os sólidos retidos nessa camada, faz-se necessário a utilização de descargas de fundo antes da lavagem do filtro. As descargas de fundo intermediárias também podem ser utilizadas, dependendo das necessidades do sistema (DI BERNARDO *et al*, 2002).

Conforme o PROSAB (2003) estima-se que 350 ETAs brasileiras utilizavam esse tipo de tratamento com vazões entre 5 e 2000 L/s. Os estados brasileiros que empregam essa tecnologia são: Bahia, Alagoas, Ceará, Maranhão, Minas Gerais, Paraíba, Paraná, Pernambuco, Rio Grande do Sul, Roraima, Santa Catarina, Sergipe e Tocantins.

### **3.6.3. Filtração Direta Descendente - FDD**

Assim como na FDA, a coagulação na FDD também é realizada por adsorção-neutralização de cargas, podendo ser procedida ou não de uma etapa de floculação, dependendo das características do afluente a ser tratado, do meio filtrante e da taxa de filtração. No caso do uso do floculador, na FDD, recomenda-se que a taxa de filtração seja declinante. A água coagulada ou floculada é encaminhada para os filtros de fluxo descendente, posteriormente a água filtrada é encaminhada para desinfecção, fluoração e estabilização para depois ser distribuída à população. O meio filtrante normalmente é composto de antracito e areia ou somente areia. Os estados brasileiros que empregam esse tipo de ETA são: Minas Gerais, Espírito Santo, Paraná, Santa Catarina e Distrito Federal. Esses, ao total, contabilizam 26 estações (PROSAB, 2003).

### **3.6.4 Dupla Filtração – DF**

Com mais de 60 estações espalhadas pelos estados de Minas Gerais, Paraná, Bahia, Rondônia, São Paulo, Tocantins e Mato Grosso do Sul, a tecnologia de dupla filtração consiste primeiramente de uma etapa de coagulação por adsorção-neutralização de cargas, seguida da combinação do uso de dois filtros, um de fluxo ascendente e outro de fluxo descendente. Nos filtros ascendentes, a camada filtrante é usualmente composta por pedregulho ou areia

grossa, sendo no filtro descendente empregado antracito e areia ou somente areia (SABOGAL PAZ, 2007).

### ***3.6.5. Floto-Filtração – FF***

Primeiramente realiza-se a coagulação da água por um mecanismo próximo ao de varredura, depois, a água é floculada e flotada. A seguir, a água é filtrada na mesma unidade de flotação e, finalmente, passa pelo processo de desinfecção, estabilização e fluoração. A aplicação desse tipo de tecnologia ocorreu, durante as últimas décadas em Santa Catarina, Espírito Santo, São Paulo e Paraná (SABOGAL PAZ, 2007).

### ***3.6.6 Filtração em Múltiplas Etapas - FiME***

Na FiME a água passa por diferentes filtros, ocorrendo progressiva remoção do risco. O princípio básico é que cada unidade condicione seu efluente para ser submetido a tratamento posterior, sem sobrecarregá-lo. O sistema está composto por pré-filtros e filtros lentos. O tratamento, normalmente, tem início com o uso dos pré-filtros dinâmicos; posteriormente, a água é encaminhada para os pré-filtros verticais ascendentes (em camadas ou em série) e finalmente para o filtro lento. A filtração lenta é a última etapa da tecnologia FiME, considerada o principal tratamento, fornece água condizente aos padrões de potabilidade. As pesquisas realizadas no Brasil e na Colômbia a partir de 1980, deram origem à tecnologia FiME; porém, no país existem poucos sistemas em operação (SABOGAL PAZ & DI BERNARDO, 2007).

## **3.7. Principais Processo e Operações de Tratamento de Água**

Os processos e operações de tratamento de água são combinados de modo a construir um tipo de ETA. As principais técnicas são indicadas na Tabela 4.

**Tabela 4. Principais Processo e Operações de Tratamento de Água**

Processos	Descrição	Tipos
Coagulação	Promove a desestabilização de partículas coloidais por meio da introdução de agentes coagulantes, atrelado a uma unidade de mistura rápida, visando a posterior formação de flocos.	Mecânica (câmara de mistura), hidráulica (vertedores, calha parshall, injetores e difusores, malha de fios redondos) e especial (misturadores estáticos e em linha)
Flocação	Processo que sucede a mistura rápida e consiste no agrupamento das partículas eletricamente desestabilizadas, de modo que formem aglomerados maiores denominados flocos, suscetíveis de remoção nas unidades seguintes.	Mecânica (câmaras de mistura) e hidráulica (chicanas, meio granular, helicoidal e Alabama).
Decantação	Fenômeno físico em que, devido à ação da gravidade, as partículas suspensas apresentam movimento descendente em meio líquido de menor massa específica.	Decantadores (convencionais, circulares de escoamento horizontal e de alta taxa) e clarificadores (de contato de sólidos e de manto de lodos).
Flotação	Clarifica a água pela ascensão das partículas suspensas aderidas às microbolhas de ar.	Flotação eletrostática, por ar disperso e especialmente, por ar dissolvido.
Filtração	Consiste na remoção de partículas suspensas e coloidais presentes na água que escoa através de um meio poroso. Nas ETAs, a filtração é o processo final de remoção de impurezas, portanto, principal responsável pela produção de água com qualidade condizente com o padrão de potabilidade.	Filtros rápidos, filtros lentos e pré-filtros.
Desinfecção	Utilizado com o propósito de eliminar ou reduzir o risco microbiológico presente na água de consumo, utilizando-se agentes químicos ou físicos.	Desinfetantes químicos e físicos
Fluoração	Consiste na adição de flúor na água de abastecimento com o intuito de reduzir a incidência de cáries dentárias na população; entretanto, existe polêmica associada à eficiência da fluoração e aos possíveis riscos à saúde.	Introdução de diversos compostos químico, tais como: ácido fluorsilícico, fluorsilicato de sódio, fluoreto de sódio e fluoreto de cálcio.
Adsorção	O processo de adsorção decorre de ações interfaciais, com as moléculas do adsorvato transferidas para a superfície do adsorvente, permanecendo aí retidas. Dois tipos básicos de ações definem o tipo de adsorção: i) física: envolvendo interações eletrostáticas e forças de <i>Van der Waals</i> entre o adsorvato e o adsorvente e ii) químicas: quando há reação química entre o sítio ativo de adsorção e o adsorvato.	Uso de carvão ativado granular ou carvão ativado em pó
Oxidação	A oxidação ocorre pela transferência de elétrons e, portanto sempre haverão espécies reduzidas (que receberam elétrons) e espécies oxidadas (que cederam elétrons).	Introdução de diversos compostos químicos, tais como: peróxido de hidrogênio, cloro, dióxido de cloro, ozônio, etc.
Membranas	Passagem da água por uma membrana porosa que segregam partículas e microrganismos.	Microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração, osmose reversa e eletrodialise.
Ajuste de pH	Correção química das propriedades corrosivas e incrustantes da água	Introdução de diversos compostos químicos
Aeração e <i>air stripping</i>	Transferência de substância voláteis da água para o ar (como gás carbônico, ácido sulfídrico, entre outros) ou <i>air stripping</i> e de substâncias solúveis do ar para água (como oxigênio) ou aeração.	Aeradores de queda por gravidade (cascata e tabuleiros), por repuxo e por borbulhamento.
Troca Iônica	O processo é uma reação química reversível que acontece quando um íon de uma solução troca de lugar com outro de igual carga elétrica que se encontra ligado a uma partícula sólida imóvel. As resinas de troca iônica podem ser naturais ou sintéticas e são as responsáveis por efetuar a permuta de íons.	Diversos tipos de resinas (naturais e sintéticas)
Precipitação Química	Remove a dureza da água	Adição de cal ou carbonato de sódio

### **3.7.1. Coagulação**

A coagulação permite a desestabilização ou neutralização de partículas coloidais e substâncias húmidas respectivamente, e pode ocorrer de dois processos – químico e físico. No processo químico há reação do coagulante para a formação de espécies hidrolisadas com carga positiva ou precipitados do metal do coagulante inserido. Já o processo físico consiste no transporte das espécies hidrolisadas do coagulante a fim de formar aglomerados que possam

ser retirados em outras etapas do processo de tratamento (DI BERNARDO & SABOGAL PAZ, 2008).

Este processo deve ser realizado em unidades de mistura rápida, as quais podem ser mecanizadas (câmara de mistura), hidráulicas (vertedores, calha Parshall, malha de fios redondos, injetores e difusores) ou especiais (misturadores estáticos e em linha). A seleção da mistura rápida depende da vazão do sistema, da variação da qualidade da água a ser tratada, dos gastos oriundos de cada alternativa e das condições de operação do local onde a tecnologia será implantada (SABOGAL PAZ, 2007).

### **3.7.2. Floculação**

Após a mistura rápida, a floculação é realizada em unidades mecanizadas (câmaras de mistura) ou hidráulicas (chicanas, meio granular, Alabama e helicoidal), a fim de que se haja o agrupamento das partículas, eletricamente desestabilizadas, denominadas flocos, as quais serão removidas nas etapas seguintes da ETA. A escolha do tipo de floculador depende de diversos fatores, tais como, qualidade e vazão da água do afluente, mecanismo de coagulação, tamanho das unidades e características de operação e manutenção do sistema, bem como a necessidade de mão-de-obra qualificada (DI BERNARDO & SABOGAL PAZ, 2008).

### **3.7.3. Decantação**

Através da força da gravidade, as partículas suspensas na água realizam um movimento descendente, ocasionando a sedimentação. A decantação pode ser efetuada por meio de um decantador convencional, de alta taxa ou de manto de lodo. O primeiro consiste em um grande tanque retangular longo ou circular com escoamento horizontal. A remoção do lodo pode ser realizada manualmente ou hidraulicamente.

O segundo, decantador de alta taxa, é constituído por uma câmara com dutos ou placas planas paralelas com certa inclinação, de modo que a área de sedimentação e a taxa de escoamento superficial se tornem maiores, propiciando o aumento na eficiência de retirada do lodo e a diminuição da área necessária para a construção da unidade (SABOGAL PAZ, 2007). O último, clarificador de manto de lodo, funciona como um decantador convencional de escoamento vertical, no qual o local de entrada da água ocorre na zona de lodo. Esse decantador usualmente opera com taxas de escoamento superficial superior as taxas dos decantadores de escoamento horizontal e deve captar água com turbidez superiora  $50\mu\text{T}$ , caso contrário pode haver a dificuldade de manutenção do lodo (DI BERNARDO & SABOGAL PAZ, 2008).

### **3.7.4. Flotação**

A flotação visa a produção de microbolhas de ar, que quando aderidas às partículas suspensas, promovem o transporte ascendente das mesmas, resultando na produção de água de melhor qualidade por meio da retira dessas partículas. Existem três métodos de se realizar a flotação, sendo eles a flotação eletrostática, onde a produção de microbolhas se dá através da passagem de corrente elétrica entre dois eletrodos, a flotação por ar disperso, na qual a produção de microbolhas se realiza por intermédio de produtos químicos e finalmente, a flotação por ar dissolvido, a qual através da redução de pressão de água saturada com ar, as microbolhas são formadas (DI BERNARDO & SABOGAL PAZ, 2008). Contudo, para o tratamento de águas de abastecimento somente é utilizada a flotação de ar dissolvido, devida ao tamanho ideal das microbolhas formadas por essa técnica, as quais viabilizam uma boa eficiência na flotação de partículas da água floculada.

### **3.7.5. Filtração**

A filtração é essencial em todas as ETAs. De acordo com Sabogal Paz (2007) essa unidade funciona através da passagem de água por um meio poroso, o qual retém as impurezas, como partículas suspensas, partículas coloidais e micro-organismos previamente desestabilizados, no caso de filtros rápidos. A filtração é considerada a etapa responsável pela potabilidade da água, e pode ser projetada como filtros rápidos, filtros lentos e pré-filtros. Sendo o primeiro caracterizado por altas taxas de escoamento descendente ou ascendente, o qual exige a aplicação prévia de coagulantes. Já o segundo, filtro lento, opera com baixas taxas de escoamento descendente e em meio filtrante fino, geralmente constituído por areia, com ou sem uso de mantas ou carvão ativado, desse modo, as impurezas removidas por mecanismos físicos, químicos e biológicos, sem a adição de coagulantes.

O último, pré-filtro, pode ocorrer por dois tipos diferentes de unidades, pré-filtro dinâmico e pré-filtro ascendente. O primeiro trabalha com taxa de escoamento descendente em camadas de pedregulho, objetivando o decréscimo do teor de sólidos e outros riscos físicos e microbiológicos da água. É comumente utilizado na tecnologia FiME, a fim de que o tratamento seja mais efetivo nas unidades posteriores dessa ETA.

O pré-filtro ascendente apresenta leito filtrante de pedregulho que diminui de tamanho em direção ao escoamento. Possui um sistema de drenagem que serve para distribuir a vazão ou para drenar o leito na limpeza hidráulica (descargas de fundo). Os pré-filtros podem ser divididos em: pré-filtro ascendente em camadas (quando o leito é instalado somente em uma unidade) ou pré-filtro ascendente em série (quando o leito é colocado em duas ou três unidades em série, cada uma com um tamanho predominante de pedregulho).

### **3.7.6. Desinfecção**

A desinfecção da água é operação necessária para eliminar os microrganismos patogênicos não removidos ou inativados nas operações de coagulação, floculação, sedimentação (ou decantação) e filtração. Portanto, está relacionada à inativação dos microrganismos que causam doenças e não à eliminação de todos os microrganismos, o que a diferencia da esterilização. A desinfecção de água pode ser feita pela adição de produtos químicos, por processos físicos e por radiação. A ação do desinfetante nos organismos patogênicos pode causar a destruição da parede celular, principalmente por antibióticos; a alteração da permeabilidade da parede celular, por fenóis e detergentes; a alteração da natureza coloidal do protoplasma, por calor, radiação, ácidos e produtos alcalinos; a inibição da atividade enzimática por oxidantes.

Conforme Di Bernardo e Dantas (2005), o desinfetante utilizado deve se adequar em alguns enquadramentos, como: destruir microrganismos patogênicos em tempo viável, ser transportado e manuseado sob condições de segurança, ser facilmente adquirido no local de implantação do projeto, sua dosagem deve ser quantificada por meio de métodos laboratoriais simples, ser inodoro e insípido na água, não ser tóxico aos seres humanos e animais e finalmente, deve possuir persistência ao realizar a desinfecção, garantindo sua efetividade sob eventuais contaminações no próprio sistema de abastecimento.

Os principais compostos químicos utilizados como desinfetantes são: cloro gasoso, hipoclorito de sódio, hipoclorito de cálcio, cloraminas, permanganato de potássio, dióxido de cloro e ozônio. A escolha do desinfetante mais adequado deve considerar a eficiência do produto no processo, juntamente a análise de custo-benefício de cada reagente, atrelados aos fatores de enquadramento acima citados.

### **3.7.7. Fluoração**

A adição de flúor no processo de tratamento denomina-se fluoração, sua finalidade é reduzir a incidência de cáries na população. Os compostos mais comumente utilizados são: ácido fluorsilícico, fluorsilicato de sódio, fluoreto de sódio, fluoreto de cálcio, entre outros (SABOGAL PAZ, 2007).

### **3.7.8. Adsorção**

A adsorção é empregada a fim de agregar as moléculas indesejadas às superfícies do adsorvente, isso pode ocorrer de duas maneiras: física e química. Sendo a adsorção física proveniente de interações eletrostáticas e Forças de *Van der Waals* entre as moléculas do

adsorvato transferidas a superfície do adsorvente. Já a adsorção química se dá por meio da reação química entre o sítio ativo e o composto agregado (DI BERNARDO *et al*, 2002).

### **3.8.9. Oxidação**

Ocorre por meio de uma reação de oxirredução das moléculas envolvidas, os quais perdem ou ganham elétrons, alterando seu estado de valência. Segundo Sabogal Paz (2007), os principais oxidantes empregados nos processos: permanganato de potássio, cloro, dióxido de cloro, ozônio, peróxido de hidrogênio e radiação ultravioleta.

### **3.7.10. Membranas**

O tratamento por membranas é um processo pelo qual há separação de materiais de diferentes tamanhos. A segregação dos compostos varia de acordo com a porosidade da membrana filtrante ou da propriedade físico-química do meio filtrante. Para que haja seletividade dos componentes indesejados é necessário que algum tipo de força externa impulsionie o transporte da água pela membrana, e tal força pode ser proporcionada por pressão, succção e potencial elétrico.

As membranas são divididas de acordo com a porosidade do seu material, logo, sua aplicação é determinada através da análise do material a ser retido e sua dimensão. As membranas são classificadas em: i) microfiltração, a qual retém protozoários, bactérias e vírus, ii) ultrafiltração, remove partículas desestabilizadas nas unidades anteriores como colóides e vírus, iii) nanofiltração e osmose reversa, ambas retém íons e matéria orgânica de acordo com suas dimensões; e iv) eletrodiálise, a qual por meio da corrente elétrica remove contaminantes iônicos de carga contrária à aplicada na membrana (SCHNEIDER & TSUTIYA, 2001).

### **3.7.11. Ajuste de pH ou estabilização**

Segundo Libânia (2008), o tratamento de água por meio do ajuste de pH se dá a fim de corrigir propriedades da água que corroem ou incrustam as tubulações utilizadas nos sistemas de abastecimento e as instalações prediais, aumentando também, a vida útil de outros componentes empregados no processo, tais como bombas.

Tal procedimento pode ser realizado por meio de diversos tipos de condicionamento químico. O mais comumente utilizado é o condicionamento da água a teores adequados de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ). Outros modos se dão por meio do condicionamento químico, como o uso de silicatos, sendo esses empregados em águas de baixa dureza e alcalinidade, condicionamento químico com orto, poli e multifosfatos, os quais são empregados em águas com pH neutro ou levemente alcalino, especialmente em casos de corrosão do ferro, zinco e

chumbo, e finalmente, condicionamentos que envolvem diversos tipos de estabilização , com a adição de substâncias minerais como cálcio, carbonato e sílica em águas desmineralizadas, contra a corrosão de chumbo, cobre e concreto (LIBÂNIO, 2008).

### **3.7.12. Aeração e *air stripping***

O processo de aeração consiste em colocar em contato direto uma fase gasosa, como o ar, com a água a ser tratada com o intuito de transferir substâncias voláteis da água para o ar e de substâncias solúveis do ar para a água, assim, obtém-se o um equilíbrio satisfatório entre concentrações, conforme os objetivos do tratamento. O processo de aeração, no tratamento da água, tem duas aplicações. A primeira, chamada de *air stripping*, é remoção de gases e substâncias voláteis da água. A segunda, denominada de aeração, é a transferência de gases ou substâncias solúveis à água (AWWA, 1999). Os aeradores de queda tipo cascata são mais indicados na remoção de substâncias voláteis e gás carbônico, em sistemas de baixa vazão. O tipo tabuleiro é mais eficiente na adição de oxigênio e oxidação de compostos ferrosos e manganosos. Os aeradores de repuxo são indicados na transferência de gases e substâncias voláteis, podendo ser aplicados em grandes instalações. Finalmente, os aeradores de borbulhamento, distribuem pequenas bolhas de ar por meio de tubulações no interior do tanque, as quais flutuam até a superfície da água (CETESB, 1987).

### **3.7.13. Troca Iônica**

O processo de troca iônica consiste na transferência de íons da fase líquida para a fase sólida, por meio da troca ou deslocamento de íons de mesma carga. No caso do tratamento de água, o sistema viabiliza a troca de íons contaminantes da água por íons de um meio composto por polímeros, sendo o polímero mais comum a resina sintética (UAM, 2006). O tipo de resina empregado varia de acordo com sua estrutura e sua natureza sintética e química, deve-se também levar em consideração a íon que deseja ser removido e sua composição, a fim de optar pela resina que o remova de maneira eficiente (AVILLA, 1999).

### **3.7.14 Precipitação Química para Remoção de Dureza**

O processo visa remoção da dureza da água por meio da remoção de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ . O processo se dá através da adição de cal ou carbonato de sódio, os quais elevam o pH da água e fornecem íons carbonato fundamentais na reação. Esse processo é usualmente empregado em águas de dureza elevada e é benéfico, pois remove outros contaminantes, como metais pesados. Contudo, a precipitação química produz lodo ao final do processo (SILVA & CARVALHO).

## 4. METODOLOGIA

O modelo conceitual de seleção de tecnologias desenvolvido por Sabogal Paz (2010), ainda não foi aplicado. Desta forma, para que essa ferramenta metodológica possa ser utilizada pelos engenheiros projetistas brasileiros, é imperativo o desenvolvimento de uma pesquisa que permita inter-relacionar os conceitos e a realidade, permitindo-se gerar resultados satisfatórios que considerarem a institucionalização transferência de tecnologia de tratamento de água em comunidades brasileiras de até 20000 habitantes.

Os demais aspectos (níveis de seleção) a serem considerados no processo de escolha de tecnologias tais como, técnicos, ambientais, econômicos, financeiros e inclusive socioculturais, conforme apresentado no item 3.2 na Figura 5, devem ser avaliados em futuras pesquisas, haja vista que a presente metodologia só avalia a o primeiro nível de seleção das tecnologias, sendo esse a institucionalização.

Vale frisar que a determinação do nível de institucionalização de uma tecnologia determina a sua difusão perante os profissionais da área, de modo que, nesta pesquisa, foram averiguados quais eram as técnicas mais comumente empregadas no Brasil e as que possuem maior grau conhecimento perante os profissionais da área, permitido analisar parcialmente a causa de inúmeras tecnologias não serem utilizadas no país.

### 4.1. Quantificação de indicadores

Inicialmente foram quantificados os indicadores apresentados por Sabogal Paz (2010), mostrados na Tabela 5 e na Figura 8.

Tabela 5. Fatores, variáveis e indicadores de seleção considerando institucionalização no processo de transferência de tecnologias (Sabogal Paz, 2010) - Continua

Fatores	Variáveis	Indicadores (*)
Conhecimento da tecnologia no setor;  Processos de transferência de tecnologia;  Capacidade de o engenheiro projetista idealizar e construir a tecnologia.	Utilização de determinados processo e operações de tratamento em ETAs construídas;	Índice <sub>1</sub> = número de ETAs construídas com o processo ou operação de tratamento estudado / número de ETAs avaliadas.
	Processos e operações de tratamento de água que são ensinados nas universidades (em nível de graduação) (**)	Índice <sub>2</sub> = número de universidades que ensinam o processo ou operação de tratamento avaliado/ número de universidades pesquisadas.
	Consulta os peritos na área de tratamento de água.	Índice <sub>3</sub> = número de peritos que recomendam o processo ou operação de tratamento de água analisado / número total de peritos consultados.
Nível de institucionalização (%) = Índice <sub>1</sub> x Índice <sub>2</sub> x Índice <sub>3</sub>		
(*) indicadores a serem quantificados na pesquisa		
(**) somente em nível de graduação porque nem todos os formandos têm a possibilidade de fazer pós-graduação.		

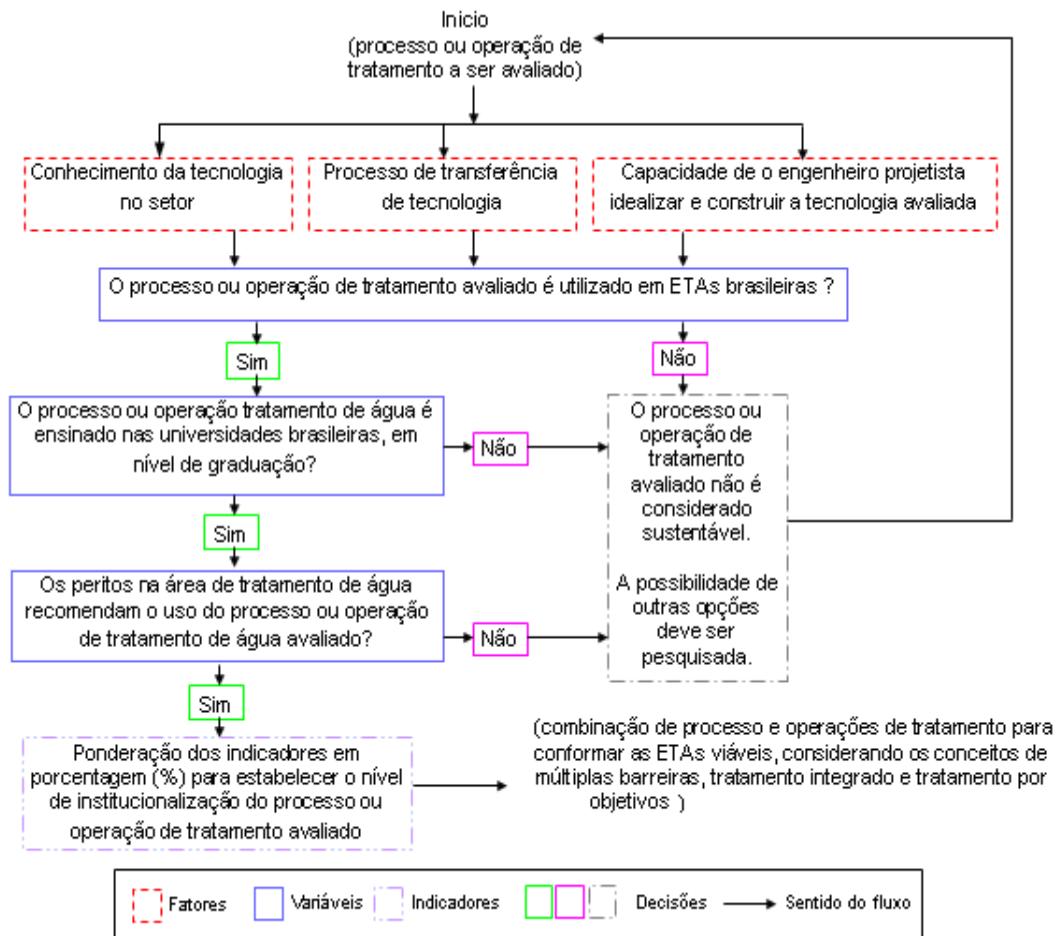


Figura 8. Fluxograma do modelo desenvolvido por Sabogal Paz (2010) para avaliar a institucionalização dentro do processo de transferência de tecnologia em ETAs

As atividades desenvolvidas foram:

- Consulta das grades curriculares dos cursos de graduação e pós-graduação em engenharia civil, ambiental e sanitária no país, a fim de analisar os processos, operação e tecnologias de tratamento de água que estão sendo ensinados, determinando consequentemente, o conhecimento da tecnologia no setor.
- Consulta com peritos em tratamento de água e em saneamento, para avaliar a aplicabilidade e as experiências em relação às técnicas de tratamento pesquisadas. Os formulários utilizados para a coleta de informações estão no Anexo 1. O *Método Delphi* foi utilizado para a coleta das informações.

O *Delphi* é um método sistemático e interativo de estimativa que se baseia na experiência independente de vários peritos. Os profissionais, cuidadosamente selecionados, respondem a um questionário em um ou mais ciclos. Após cada ciclo, um facilitador provê um sumário anônimo das estimativas de cada perito no ciclo, bem como

as razões sobre as quais cada um baseou sua estimativa. Os peritos são motivados a revisar suas estimativas anteriores com base nas opiniões dos demais participantes. Busca-se durante esse processo que ocorra uma convergência das estimativas, assim, nesse ponto, o método pode ser finalizado.

- iii) Consulta na Pesquisa de Saneamento Básico – PNSB (2008) disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pnsb/default.asp?o=24&i=P> (acessado em junho de 2012); e
- iv) Consulta em algumas Companhias de Saneamento para verificar a aplicabilidade, em escala real, dos processos, operações e tecnologias de tratamento de água.

Os processos e operações pesquisados foram: coagulação (mecânica, hidráulica e especial); flocação (hidráulica e mecânica); decantação (convencional, de alta taxa e clarificadores de manto de lodos); flotação (por ar dissolvido, por ar disperso e eletrostática); filtração (rápidos, lentos e pré-filtros); desinfecção (química e física); ajuste de pH; fluoração; oxidação; adsorção (carvão ativado em pó e carvão ativado granular); membranas (microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração, osmose reversa e eletrodiálise); troca iônica; precipitação química para remoção de dureza; aeração e *air stripping*.

As tecnologias de tratamento de água avaliadas foram: filtração direta descendente, filtração direta ascendente, dupla filtração, floto-filtração, ciclo completo e filtração em múltiplas etapas.

#### **4.2. Ajuste do modelo**

Após avaliar os indicadores inicialmente propostos por Sabogal Paz (2010), alguns indicadores foram modificados e outros incluídos em função dos dados obtidos. Assim, ajustes foram realizados para aperfeiçoar essa ferramenta metodológica.

#### **4.3. Avaliação das tecnologias institucionalizadas**

Após finalizar as atividades indicadas no item 4.2, o modelo ajustado poderá ser consultado por profissionais da área. Permitindo desta forma, avaliar a institucionalização dentro do processo de transferência da tecnologia na seleção de ETAs em comunidades brasileiras de pequeno porte.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Quantificação de indicadores

#### 5.1.1. Estudo das grades curriculares dos cursos de graduação engenharia civil, ambiental e sanitária.

Foram consultados 130 cursos de engenharia civil, ambiental e sanitária em 92 universidades brasileiras em diversos estados, entre públicas e privadas, conforme Tabela 6.

Tabela 6. Universidades e cursos pesquisados e a existência de ementa disponível na Internet

Nº	Universidades	Estado	Curso de Engenharia	Possui ementa disponível na Internet?
1	Universidade de São Paulo - USP (Campus São Carlos)	SP	Civil	Sim
		SP	Ambiental	Sim
2	Universidade de São Paulo - USP (Campus São Paulo)	SP	Civil	Sim
		SP	Ambiental	Sim
3	Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP	SP	Civil	Sim
4	Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA	SP	Civil	Sim
5	Universidade Presbiteriana Mackenzie	SP	Civil	Sim
6	Universidade Estadual Paulista - UNESP (Campus Presidente Prudente)	SP	Ambiental	Sim
7	Universidade Estadual Paulista - UNESP (Campus Rio Claro)	SP	Ambiental	Sim
8	Universidade São Francisco – USF	SP	Ambiental	Sim
		SP	Civil	Sim, porém não existem informações sobre tratamento de água.
9	Universidade Federal do ABC - UFABC	SP	Ambiental	Sim
10	Universidade Estadual Paulista - UNESP (Campus Ilha Solteira)	SP	Civil	Sim, porém não existem informações sobre tratamento de água.
11	Universidade Estadual Paulista - UNESP (Campus Guaratinguetá)	SP	Civil	Não encontrado
12	Universidade Estadual Paulista - UNESP (Campus Sorocaba)	SP	Ambiental	Não encontrado
13	Centro Universitário de Lins - UNILINS	SP	Civil	Não encontrado
		SP	Ambiental	Não encontrado
14	Universidade Federal de São Carlos - UFSCAR	SP	Civil	Sim, porém não existem informações sobre tratamento de água.
15	Universidade Estadual Paulista - UNESP (Campus Bauru)	SP	Civil	Sim, porém não existem informações sobre tratamento de água.
16	Universidade Paulista - UNIP	SP	Civil	Não encontrado
		SP	Ambiental	Não encontrado
17	Universidade de Taubaté - UNITAU	SP	Civil	Sim, porém não existem informações sobre tratamento de água.
		SP	Ambiental	Sim, porém não existem informações sobre tratamento de água.
18	Escola de Engenharia de Piracicaba - EEP	SP	Civil	Não encontrado
		SP	Ambiental	Não encontrado
19	Fundação Armando Alvares Penteado - FAAP	SP	Civil	Não encontrado
20	Centro Universitário da FEI - FEI	SP	Civil	Sim, porém não existem informações sobre tratamento de água.
21	Instituto Mauá de Tecnologia - MAUÁ	SP	Civil	Sim, porém não existem informações sobre tratamento de água.
22	Universidade Anhembi Morumbi - ANHEMBI	SP	Civil	Não encontrado
		SP	Ambiental	Não encontrado
23	Universidade Santa Cecília - UNISANTA	SP	Civil	Não encontrado
24	Centro Universitário Central Paulista - UNICEP	SP	Civil	Não encontrado
25	Pontifícia Universidade Católica - PUC Campinas	SP	Ambiental	Sim
26	Universidade Federal de Viçosa - UFV	MG	Civil	Sim
		MG	Ambiental	Sim
27	Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP	MG	Civil	Sim, porém não existem informações sobre tratamento de água.
		MG	Ambiental	Sim, porém não existem informações sobre tratamento de água.
28	Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG	MG	Civil	Sim
		MG	Sanitária	Sim
29	Universidade Federal do Triângulo Mineiro - UFTM	MG	Civil	Não encontrado
		MG	Ambiental	Não encontrado
30	Universidade de Belo Horizonte - UNIBH	MG	Ambiental	Não encontrado
		MG	Civil	Não encontrado

**Tabela 6. Universidades e cursos pesquisados e a existência de ementa disponível na internet – continuação**

Nº	Universidades	Estado	Curso de Engenharia	Possui ementa disponível na Internet?
31	Universidade do Estado de Minas Gerais - UEMG	MG	Civil	Não encontrado
		MG	Ambiental	Não encontrado
32	Universidade de Uberaba - UNIUBE	MG	Ambiental	Não encontrado
		MG	Civil	Não encontrado
33	Fundação Mineira de Educação e Cultura - FUMEC	MG	Ambiental	Não encontrado
34	Universidade Federal de Lavras - UFLA	MG	Ambiental	Sim
35	Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUC Minas (Campus Poços de Caldas)	MG	Civil	Nada
36	Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUC Minas (Campus Barreiro)	MG	Civil	Nada
37	Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUC Minas (Campus Coração Eucarístico)	MG	Civil	Nada
38	Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF	MG	Civil	Não encontrado
39	Universidade Federal de Uberlândia - UFU	MG	Ambiental	Sim
40	Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI	MG	Civil	Sim, porém não existem informações sobre tratamento de água.
		MG	Ambiental	Sim, porém não existem informações sobre tratamento de água.
42	Universidade de Brasília - UNB	GO	Civil	Sim
43	Universidade Católica de Brasília - UCB	GO	Ambiental	Não encontrado
		GO	Civil	Não encontrado
44	Pontifícia Universidade Católica de Goiás - PUC Goiás	GO	Ambiental	Não encontrado
45		GO	Civil	Sim
46	Universidade Federal de Goiás - UFG	GO	Ambiental	Sim
		GO	Civil	Sim
47	Universidade Federal Fluminense - UFF	RJ	Civil	Sim, porém não existem informações sobre tratamento de água.
48	Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUC Rio	RJ	Civil	Sim, porém não existem informações sobre tratamento de água.
		RJ	Ambiental	Sim, porém não existem informações sobre tratamento de água.
49	Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ	RJ	Civil	Sim, porém não existem informações sobre tratamento de água.
		RJ	Ambiental	Sim
50	Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ	RJ	Civil	Não encontrado
51	Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF	RJ	Civil	Não encontrado
52	Instituto Militar de Engenharia - IME	RJ	Civil	Sim, porém não existem informações sobre tratamento de água.
53	Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC	SC	Civil	Sim, porém não existem informações sobre tratamento de água.
		SC	Ambiental	Sim
54	Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC	SC	Ambiental	Não encontrado
		SC	Civil	Não encontrado
		SC	Sanitária	Não encontrado
55	Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL	SC	Ambiental	Não encontrado
		SC	Civil	Não encontrado
56	Universidade do Contestado - UNC	SC	Civil	Não encontrado
		SC	Ambiental	Não encontrado
57	Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI	SC	Ambiental	Sim, porém não existem informações sobre tratamento de água.
		SC	Civil	Sim, porém não existem informações sobre tratamento de água.
58	Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC	SC	Civil	Não encontrado
		SC	Ambiental	Não encontrado
59	Universidade do Oeste de Santa Catarina - UNOESC	SC	Ambiental	Sim
		SC	Civil	Sim, porém não existem informações sobre tratamento de água.
60	Fundação Universidade Regional de Blumenau - FURB	SC	Civil	Sim, porém não existem informações sobre tratamento de água.
62	Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUC Paraná	PR	Ambiental	Não encontrado
63	Universidade Federal do Paraná - UFPR	PR	Ambiental	Não encontrado
		PR	Civil	Não encontrado
64	Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR	PR	Civil	Não encontrado
65	Universidade Estadual de Maringá - UEM	PR	Ambiental	Sim
		PR	Civil	Sim, porém não existem informações sobre tratamento de água.

**Tabela 6. Universidades e cursos pesquisados e a existência de ementa disponível na internet - continuação**

Nº	Universidades	Estado	Curso de Engenharia	Possui ementa disponível na internet?
66	Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG	PR	Civil	Sim, porém não existem informações sobre tratamento de água.
67	Universidade Estadual de Londrina - UEL	PR	Civil	Sim, porém não existem informações sobre tratamento de água.
68	Universidade de Caxias do Sul - UCS	RS	Ambiental	Não encontrado
		RS	Civil	Não encontrado
69	Universidade Luterana do Brasil - ULBRA	RS	Civil	Não encontrado
		RS	Ambiental	Não encontrado
70	Centro Universitário Franciscano - UNIFRA	RS	Ambiental	Sim
71	Universidade de Passo Fundo - UPF	RS	Ambiental	Não encontrado
		RS	Civil	Não encontrado
72	Universidade Federal de Santa Maria - UFSM	RS	Civil	Sim
		RS	Ambiental e saneamento	Sim
73	Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS	RS	Civil	Não encontrado
		RS	Ambiental	Não encontrado
74	Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS	RS	Civil	Sim, porém não existem informações sobre tratamento de água.
		RS	Ambiental	Sim, porém não existem informações sobre tratamento de água.
75	Pontifícia Universidade Católica de Minas - PUC Rio Grande do Sul	RS	Civil	Não encontrado
76	Universidade Federal do Rio Grande - FURG	RS	Civil	Sim, porém não existem informações sobre tratamento de água.
77	Universidade Federal do Espírito Santo - UFES	ES	Civil	Não encontrado
		ES	Ambiental	Não encontrado
78	Universidade do Estado do Amazonas - UEA	AM	Civil	Não encontrado
79	Universidade Federal do Amazonas - UFAM	AM	Civil	Não encontrado
80	Centro Universitário Nilton Lins - UNINILTON LINS	AM	Civil	Não encontrado
		AM	Ambiental	Não encontrado
81	Universidade Federal do Ceará - UFC	CE	Civil	Não encontrado
82	Universidade Federal do Pará - UFPA	PA	Civil	Não encontrado
84	Universidade do Estado do Pará - UEPA	PA	Ambiental	Não encontrado
85	Universidade Federal de Campina Grande - UFCG	PB	Civil	Não encontrado
86	Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN	RN	Civil	Sim
		RN	Ambiental	Sim
87	Universidade Federal do Acre - UFAC	AC	Civil	Não encontrado
88	Universidade Federal de Roraima - UFRR	RR	Civil	Sim
89	Centro Universitário Luterano de Palmas - CEULP	TO	Civil	Não encontrado
90	Universidade Federal do Tocantins - UFT	TO	Ambiental	Não encontrado
91	Centro Universitário Luterano de Manaus - ULBRA	AM	Ambiental	Não encontrado
		AM	Civil	Não encontrado
92	Universidade Tiradentes - UNIT	SE	Civil	Não encontrado
		SE	Ambiental	Não encontrado

A consulta das grades foi realizada utilizando a Internet em função da dificuldade de ir até a sede das instituições de ensino pesquisadas e de obter informações corretas utilizando contato telefônico.

Haja vista que não foi possível obter o conteúdo programático dos cursos que não disponibilizaram a grade curricular na Internet, buscaram-se outras formas de obter informações a cerca da grade curricular “padrão” dos cursos de engenharia civil, ambiental e sanitária. Assim, realizou-se uma consulta ao Ministério da Educação – MEC.

No MEC verificou-se a existência da Lei nº 9394/1996 (relacionada às diretrizes e bases da educação nacional) e da Resolução CNE/CES nº 11/2002 (que institui diretrizes curriculares nacionais do curso de graduação em engenharia). Observou-se, nas legislações citadas, que não existem restrições em relação à existência de uma “ementa mínima” para os cursos avaliados. Portanto, não há como saber o que está sendo ensinado nas universidades que não disponibilizam as ementas na Internet.

Na Tabela 6 observa-se que não todas as universidades disponibilizam a ementa completa das disciplinas, associadas a tratamento de água, na Internet. Dos 130 cursos pesquisados somente 32 cursos, em 25 universidades, disponibilizavam essa informação.

As disciplinas pesquisadas foram basicamente: i) saneamento, ii) sistemas de abastecimento e tratamento de água; e iii) processos e operações de tratamento de água.

Após completar a pesquisa dos 130 cursos em 92 universidades o seguinte índice foi calculado, considerando somente os 32 cursos que tinham a grade disponível na Internet:

Índice<sub>a</sub> = número cursos de graduação que ensinam o processo, operação e tecnologia de tratamento de água avaliado/ número de cursos pesquisados com grade disponível.

A Figura 9 apresenta os valores do índice<sub>a</sub>, para os processos, operações e tecnologias de tratamento avaliadas. A Figura 10 mostra uma análise mais detalhada dos tipos de processos e de operações de tratamento de água pesquisados. Verifica-se, pelo fato de as grades curriculares não serem suficientemente detalhadas, que os valores das técnicas mais específicas são menos significativos.

Os processos e operações que obtiveram índice<sub>a</sub> zero foram:

1. Mistura rápida mecanizada por câmara de mistura com agitador;
2. Mistura rápida hidráulica por vertedor (retangulares, triangulares, etc.);
3. Mistura rápida hidráulica por injetores;
4. Mistura rápida hidráulica por malha de fios redondos;
5. Mistura rápida por misturadores estáticos;
6. Mistura rápida por misturadores em linha;
7. Mistura rápida por difusores;

8. Floculação hidráulica utilizando chicanas horizontais;
9. Floculação hidráulica utilizando chicanas verticais;
10. Floculação hidráulica por meio granular;
11. Floculação hidráulica helicoidal;
12. Floculação hidráulica tipo Alabama;
13. Floculação mecanizada com câmara de mistura com agitador vertical;
14. Floculação mecanizada com câmara de mistura com agitador horizontal;
15. Floculadores alternativos (*walking-beam*);
16. Clarificadores de manto de lodos;
17. Flotação eletrostática;
18. Flotação por ar disperso;
19. Desinfecção com permanganato de potássio;
20. Desinfecção com radiação solar;
21. Desinfecção com calor;
22. Oxidação com peróxido de hidrogênio;
23. Oxidação com radiação ultravioleta;
24. Adsorção com carvão ativado granular – CAG;
25. Adsorção com carvão ativado em pó – CAP;
26. Aeradores de queda por gravidade (cascata e tabuleiros);
27. Aeradores de repuxo;
28. Aeradores por burbulhamento;
29. Remoção de dureza (utilizando cal ou outro alcalinizante).

Estima-se que algumas técnicas indicadas anteriormente sejam conhecidas pelos engenheiros, porém, pela dificuldade em acessar as reais grades dos cursos, essa hipótese não pode ser avaliada com clareza na pesquisa.

A Figura 9 indica que a coagulação e mistura rápida, floculação e mistura lenta, decantação, filtração e desinfecção apresentaram os maiores índices ( $> 0,88$ ). Esses processos e operações formam a tecnologia de ciclo completo. Este fato pode explicar o uso generalizado dessa tecnologia no país, conforme dados do IBGE (2010).

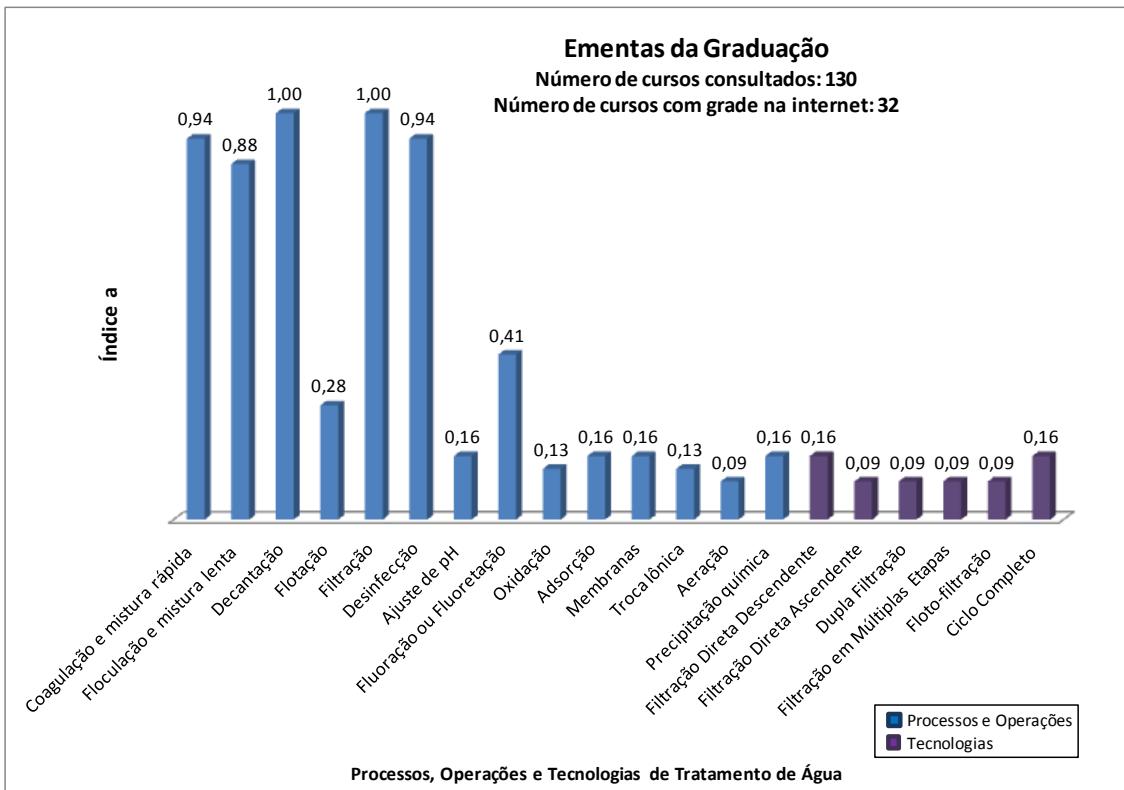


Figura 9. Índice  $a$  para processos, operações e tecnologias de tratamento de água

Analizando as tecnologias de tratamento mais comumente ensinadas, como apresentado nas Figuras 9 e 10, percebe-se que a filtração direta descendente e o ciclo completo apresentam índices equivalentes, apontando uma igualdade na difusão destas. Contudo, o ciclo completo se apresentava implícito em várias ementas, haja vista que os processos inerentes a essa tecnologia foram ensinados. Tal fato reafirma a grande difusão dessa tecnologia perante as universidades pesquisadas.

Destaca-se que o índice  $a$  não pode afirmar com 100% de certeza que existem processos, operações e tecnologias de tratamento de água que não estão sendo lecionadas nas universidades brasileiras. Isso é possível, pois grades curriculares não são suficientemente detalhadas na internet. Tal fato se dá inclusive na afirmação de que existe o ensino de um processo geral, mas não há a menção do tipo específico aplicado neste, como ocorreu, por exemplo, na precipitação química, aeração, adsorção e flocação, nos quais não houve maior detalhamento dos tipos de técnicas lecionados. No entanto, o índice em questão viabiliza uma ideia geral da difusão de tecnologias de tratamento de água no país.

Considerando que somente 32 cursos de graduação foram avaliados, verificou-se a necessidade de avaliar o conteúdo programático dos cursos de pós-graduação para complementar a pesquisa.

## Ementas da Graduação

Número de cursos consultados: 130

Número de cursos com grade na internet: 32

índice a

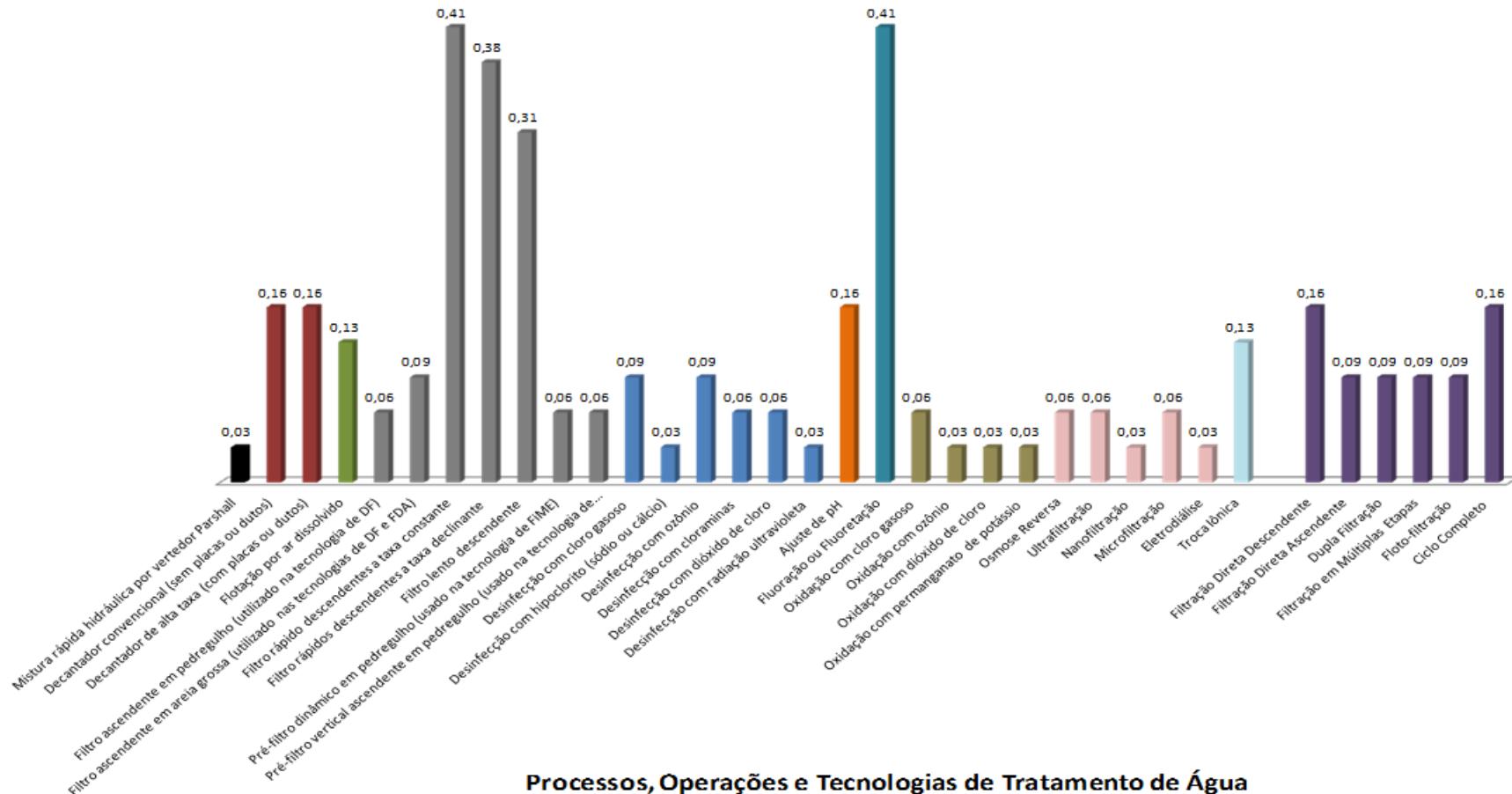


Figura 10. Índice a para tipos de processos, operações e tecnologias de tratamento de água

### 5.1.2. Estudo das grades curriculares dos cursos de pós-graduação

A partir da Tabela 7 observa-se que, igualmente, não foram encontradas na Internet todas as ementas das disciplinas associadas a tratamento de água. Dos 26 cursos pesquisados somente 11 cursos em 11 universidades, disponibilizavam essa informação.

Tabela 7. Universidades e cursos de pós-graduação pesquisados

Nº	Universidades	Estado	Pós-Graduação	Grade Curricular disponível na internet
1	Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL	MG	Ciência e Engenharia Ambiental	Sim
2	Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG	MG	Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos	Sim
3	Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP	MG	Engenharia Ambiental	Sim
4	Universidade Estadual da Paraíba - UEPB	PB	Ciência e Tecnologia Ambiental	Não encontrado
5	Universidade de São Paulo - USP (Campus São Carlos)	SP	Hidráulica e Saneamento	Sim
6	Universidade de Ribeirão Preto - UNAERP	SP	Tecnologia Ambiental	Sim
7	Universidade Federal do Espírito Santo - UFES	ES	Engenharia Ambiental	Sim, porém não há informações sobre tratamento de água
8	Universidade Federal do Paraná - UFPR	PR	Engenharia Ambiental	Sim
9	Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR	PR	Ciência e Tecnologia Ambiental	Sim, porém não há informações sobre tratamento de água
10	Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ	RJ	Engenharia Ambiental	Sim
11	Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ	RJ	Engenharia Ambiental	Sim, porém não há informações sobre tratamento de água
12	Instituto Federal Fluminense - IFF	RJ	Engenharia Ambiental	Sim, porém não há informações sobre tratamento de água
13	Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC	SC	Engenharia Ambiental	Sim
14	Universidade de Blumenau - FURB	SC	Engenharia Ambiental	Sim, porém não há informações sobre tratamento de água
15	Universidade Federal do Tocantins - UFT	TO	Ciências do Ambiente	Não encontrado
16	Universidade Federal da Bahia - UFBA	BA	Engenharia Ambiental Urbana	Sim, porém não há informações sobre tratamento de água
		BA	Meio Ambiente, Águas e Saneamento	Sim, porém não há informações sobre tratamento de água
17	Universidade Federal do Espírito Santo - UFES	ES	Engenharia Ambiental	Sim, porém não há informações sobre tratamento de água
18	Universidade Federal de Goiás - UFG	GO	Engenharia do Meio Ambiente	Sim
29	Universidade de Brasília - UNB	GO	Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos	Não encontrado
20	Universidade de Caxias do Sul - UCS	RS	Engenharia e Ciências Ambientais	Não encontrado
21	Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC	RS	Tecnologia Ambiental	Não encontrado
22	Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN	RN	Engenharia Sanitária	Não encontrado
23	Universidade Federal de Alagoas - UFAL	AL	Recursos Hídricos e Saneamento	Sim
24	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE	CE	Tecnologia e Gestão Ambiental	Não encontrado
25	Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS	MS	Tecnologias Ambientais	Sim

No MEC, no caso da pós-graduação *stricto sensu*, os cursos estão sujeitos às exigências de autorização, reconhecimento e renovação de reconhecimento previsto na Resolução CNE/CES nº 1/2001, alterada pela Resolução CNE/CES nº 24/2002. Verificou-se que na legislação citada não existem restrições em relação à existência de uma ementa mínima para os cursos avaliados.

Os cursos de pós-graduação relacionados à engenharia sanitária foram selecionados a partir do site da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, sendo as disciplinas analisadas: i) seleção de tecnologias de tratamento de água, ii) tratamento de água de abastecimento, iii) processos de separação por membranas no controle da poluição, iv) caracterização e tratamento de águas de abastecimento, v) operações e processos unitários de tratamento, vi) processos oxidativos avançados aplicados ao tratamento de águas e efluentes, vii) tecnologias de filtração para tratamento de águas para abastecimento; e viii) tecnologias não convencionais de potabilização de águas.

Desse modo, o mesmo procedimento para o cálculo do Índice <sub>a</sub> foi utilizado na criação do Índice <sub>b</sub>, o qual foi determinado da seguinte maneira:

$$\text{Índice}_b = \frac{\text{número de cursos de pós-graduação que ensinam o processo ou operação ou tecnologia de tratamento de água avaliado}}{\text{número cursos de pós-graduação com grade curricular disponível na Internet}}$$

A Figura 9 apresenta os valores do índice <sub>b</sub>, para os processos, operações e tecnologias de tratamento avaliadas. E a Figura 10 mostra uma análise mais detalhada dos tipos de processos e de operações de tratamento de água pesquisados.

As considerações a serem feitas a cerca dos resultados obtidos para o índice <sub>b</sub>, são semelhantes as do índice <sub>a</sub>, e as técnicas que apresentaram índice zero foram iguais às indicadas no item 5.1.1, incluindo: i) mistura rápida hidráulica por vertedor Parshall; ii) desinfecção com hipoclorito (sódio ou cálcio), iii) desinfecção com cloraminas; iv) filtro ascendente em pedregulho (utilizado na tecnologia de dupla filtração); v) filtro ascendente em areia grossa (utilizado nas tecnologias de dupla filtração e filtração direta ascendente); vi) pré-filtro dinâmico em pedregulho (usado na tecnologia de filtração em múltiplas etapas); vii) pré-filtro vertical ascendente em pedregulho (usado na tecnologia de filtração em múltiplas etapas); viii) eletrodiálise; ix) ajuste de pH; e x) precipitação química.

Estima-se que algumas técnicas indicadas anteriormente sejam conhecidas pelos engenheiros; porém, pela dificuldade em acessar as reais grades dos cursos, essa hipótese não pode ser avaliada com clareza na pesquisa.

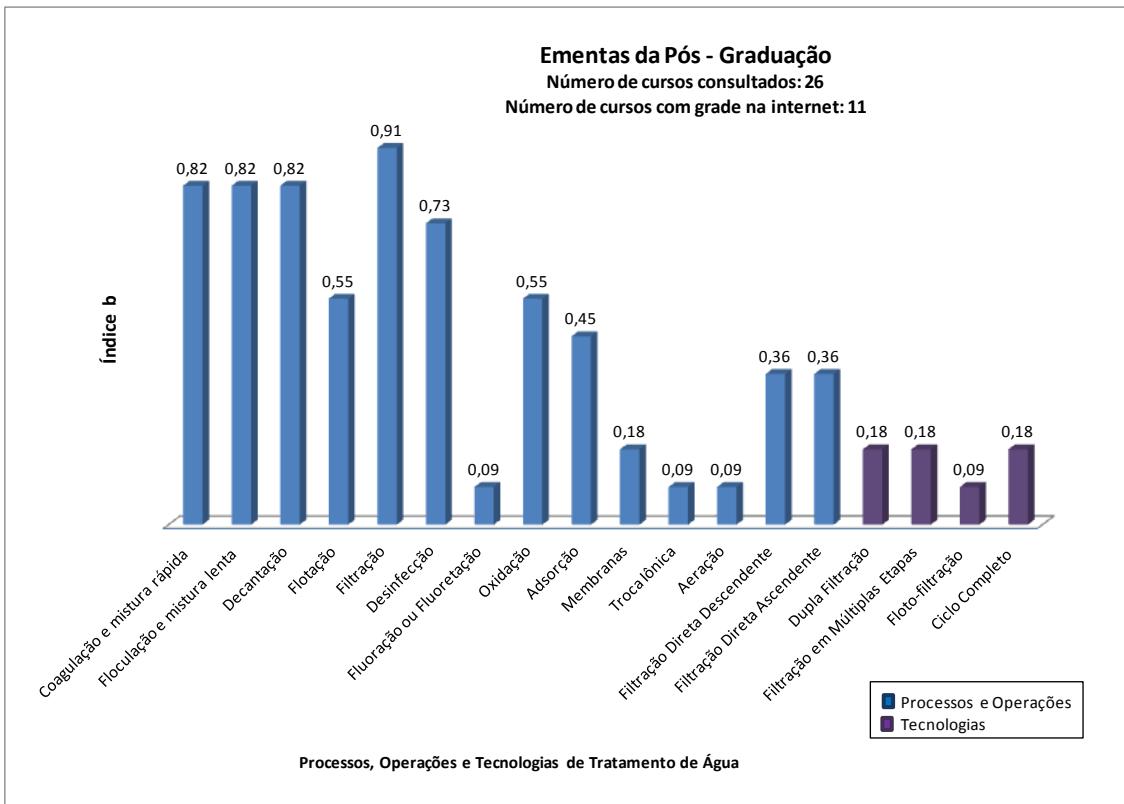


Figura 11. Índice  $b$  para processos, operações e tecnologias de tratamento de água

Por se tratarem de cursos de pós-graduação, verificou-se que certos processos, operações e tecnologias, os quais são menos lecionados nos cursos de graduação, apresentam maior índice  $b$ . O fato pode ocorrer pela especialização dos cursos em determinadas técnicas. Assim, estima-se que os pós-graduandos tenham maior probabilidade de utilizar nos seus projetos, técnicas como flotação, adsorção e oxidação, as quais possuem índice  $b$  maior do que índice  $a$ . Igualmente, constatou-se que existe maior difusão de tecnologias de filtração direta ascendente e de filtração direta descendente em contrapartida à tecnologia de ciclo completo.

Contudo, devida à falta de detalhamento das ementas da pós-graduação, também não foi possível afirmar com 100% de certeza as técnicas que são de fato ensinadas nas universidades pesquisadas. Haja vista que maiores especificações nas ementas e um número maior de grades curriculares disponíveis na Internet, acarretariam resultados mais precisos.

## Ementas da Pós - Graduação

Número de cursos consultados: 26

Número de cursos com grade na internet: 10

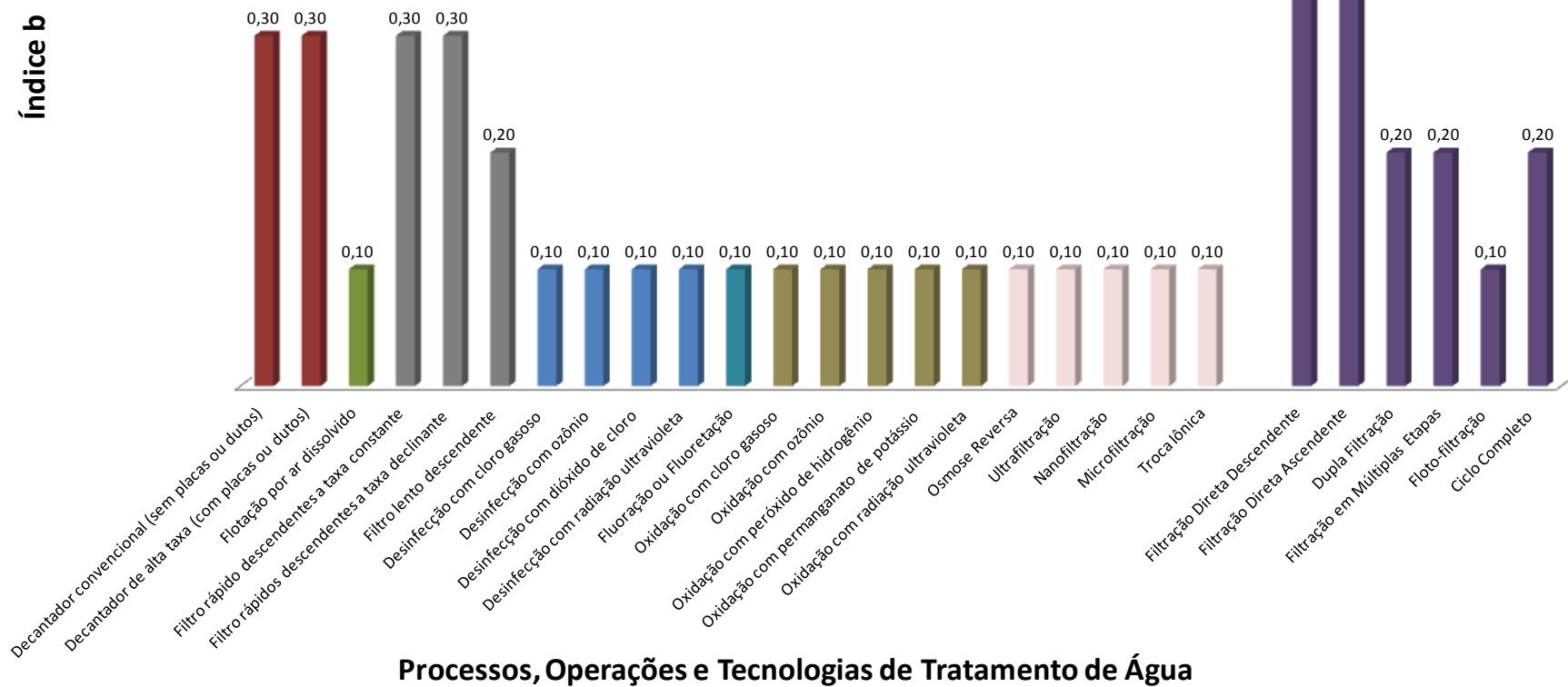


Figura 12. Índice  $b$  para tipos de processos, operações e tecnologias de tratamento de água

### **5.1.3. Consulta aos peritos em tratamento de água**

No Anexo 1 é apresentado o formulário enviado a diversos pesquisadores em tratamento de água no país. Foram consultados via e-mail 61 professores, entre esses, peritos em tratamento de água e saneamento, dos quais 22 responderam, sendo 12 peritos em tratamento de água. Duas hipóteses de operação das tecnologias, a serem transferidas às comunidades com menos de 20000 habitantes foram formuladas, a fim de avaliar dois cenários distintos: i) suposição 1: as tecnologias seriam operadas pela própria comunidade; e ii) suposição 2: as tecnologias seriam operadas pelas Companhias de Saneamento Básico dos estados.

#### **5.1.3.1. Peritos em Tratamento de Água – Suposição 1**

Um novo índice (Índice<sub>c</sub>) foi criado, o qual considera a Suposição 1, calculado da seguinte forma:

Índice<sub>c</sub> = Número de peritos em tratamento de água que recomendaram o processo, operação ou tecnologia de tratamento de água/total de peritos em tratamento de água pesquisados que responderam o questionário.

As Figuras 13 e 14 apresentam os resultados obtidos para Suposição 1. Os resultados obtidos indicam que as técnicas com índice<sub>c</sub> zero foram:

1. Mistura mecanizada por câmara de mistura + agitador
2. Floculadores alternativos (walking-beam)
3. Flotação eletrostática
4. Flotação por ar disperso
5. Desinfecção com ozônio
6. Eletrodiálise

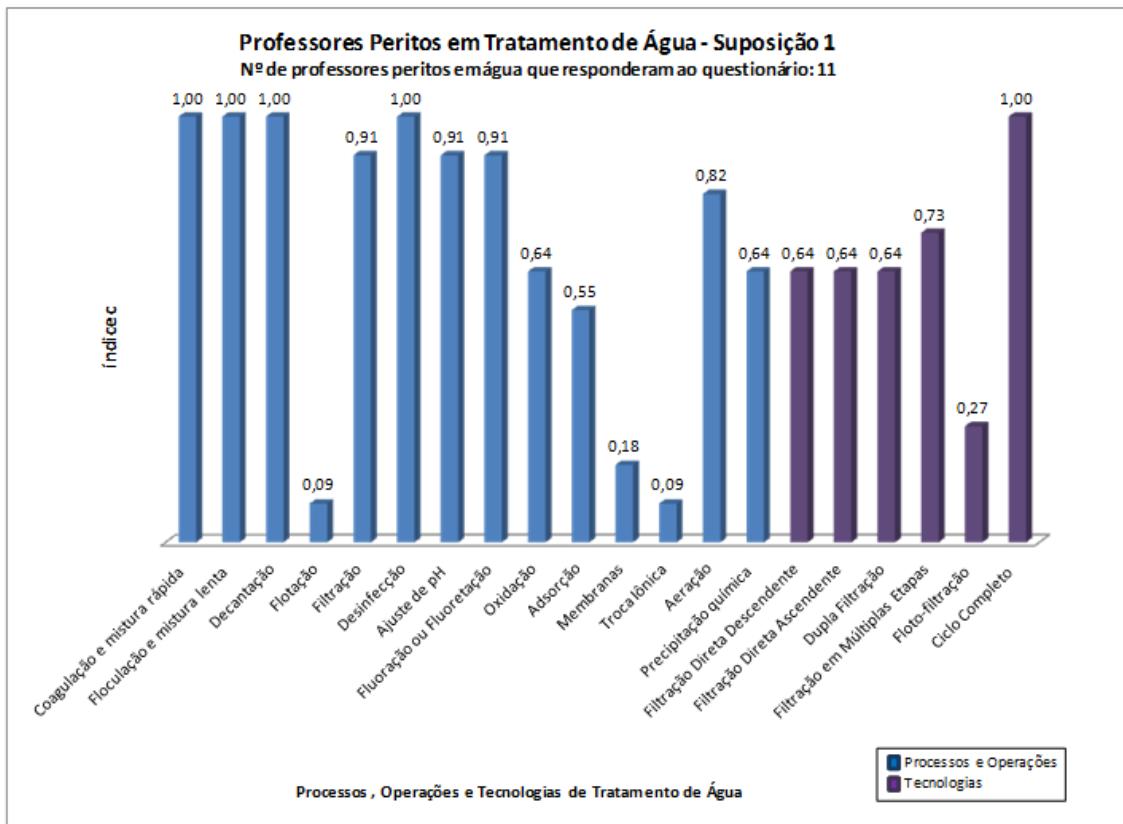


Figura 13. Índice  $c$  para processos, operações e tecnologias de tratamento de água

Segundo os peritos em tratamento de água, existe dificuldade em transferir técnicas que envolvam equipamentos mecanizados e mão de obra especializada como troca iônica, oxidação e eletrodiálise.

Os processos e operações que apresentam maior índice  $c$  ( $> 0,90$ ) foram: i) coagulação e mistura rápida, ii) flocação e mistura lenta, iii) decantação, iv) filtração, desinfecção, v) ajuste de pH; e vi) fluoração. As técnicas anteriores são compatíveis com a tecnologia de ciclo completo, a qual apresenta o maior Índice  $c$  na Figura 13.

Em teoria, conforme opinião dos peritos em tratamento de água, a tecnologia de ciclo completo pode ser operada por populações brasileiras de pequeno porte. Destaca-se a importância da tecnologia de filtração em múltiplas etapas e de sistemas de filtração direta para o tratamento de água nessas comunidades.

A Figura 14 mostra os tipos de processo e operações avaliados. Verifica-se que as unidades relacionadas à tecnologia de ciclo completo apresentam índice  $c$  elevado, principalmente, para as unidades do tipo hidráulico.

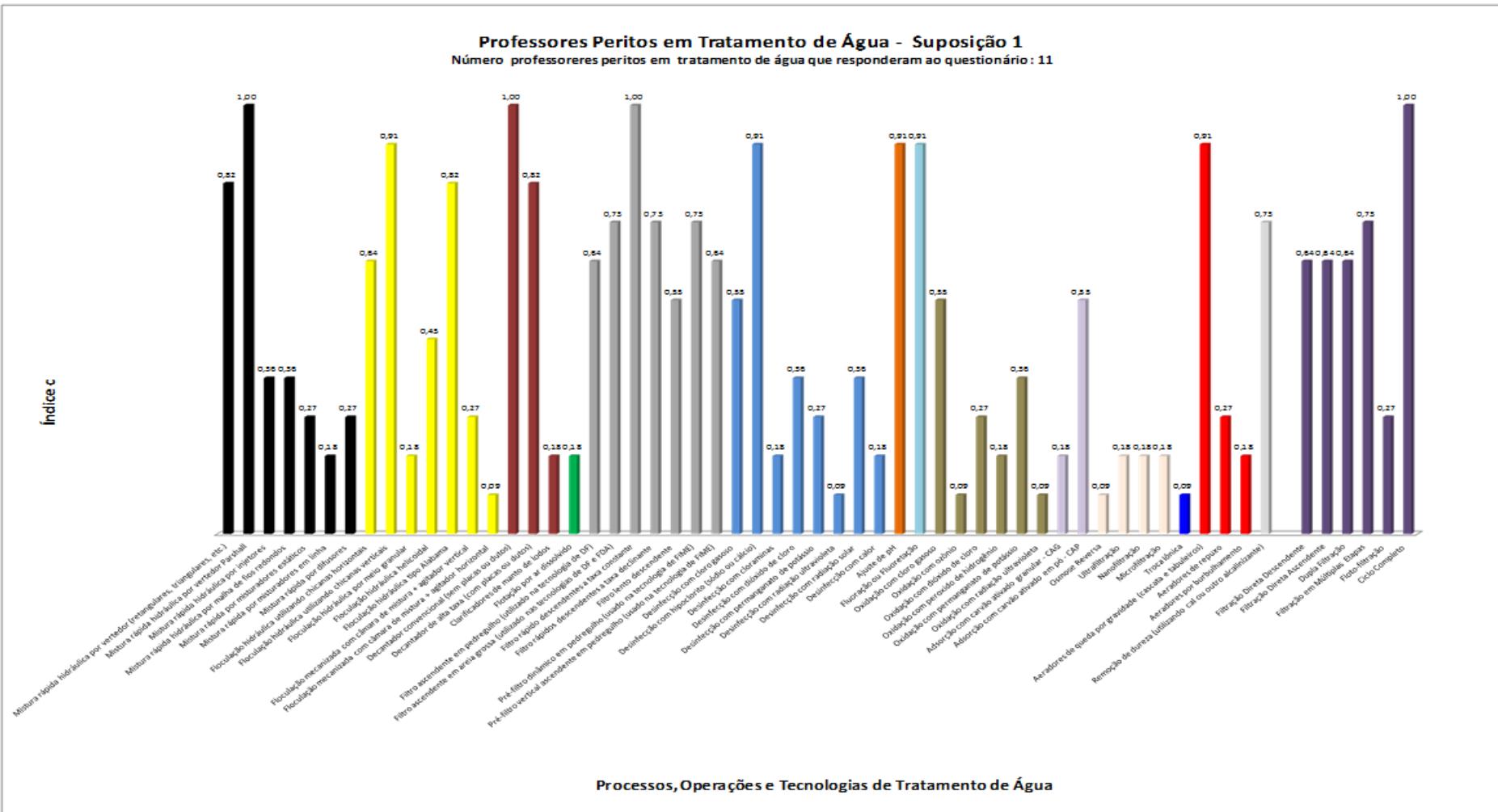


Figura 14. Índice  $c$  para tipos de processos, operações e tecnologias de tratamento de água

### **5.1.3.2. Peritos em Tratamento de Água – Suposição 2**

O novo índice ( $\text{Índice}_g$ ) foi criado para considerar a Suposição 2. O cálculo foi realizado assim:

$\text{Índice}_g = \text{Número de peritos em tratamento de água que recomendaram o processo, operação ou tecnologia de tratamento de água/total de peritos em tratamento de água pesquisados que responderam o questionário.}$

As Figuras 15 e 16 apresentam os resultados obtidos para Suposição 2. Verificou-se que não houve índice  $g$  zero para os processos, operações e tecnologias de tratamento de água avaliadas. Assim, em teoria, as Companhias de Saneamento Básico, teriam capacidade de implantar qualquer sistema em comunidades de pequeno porte.

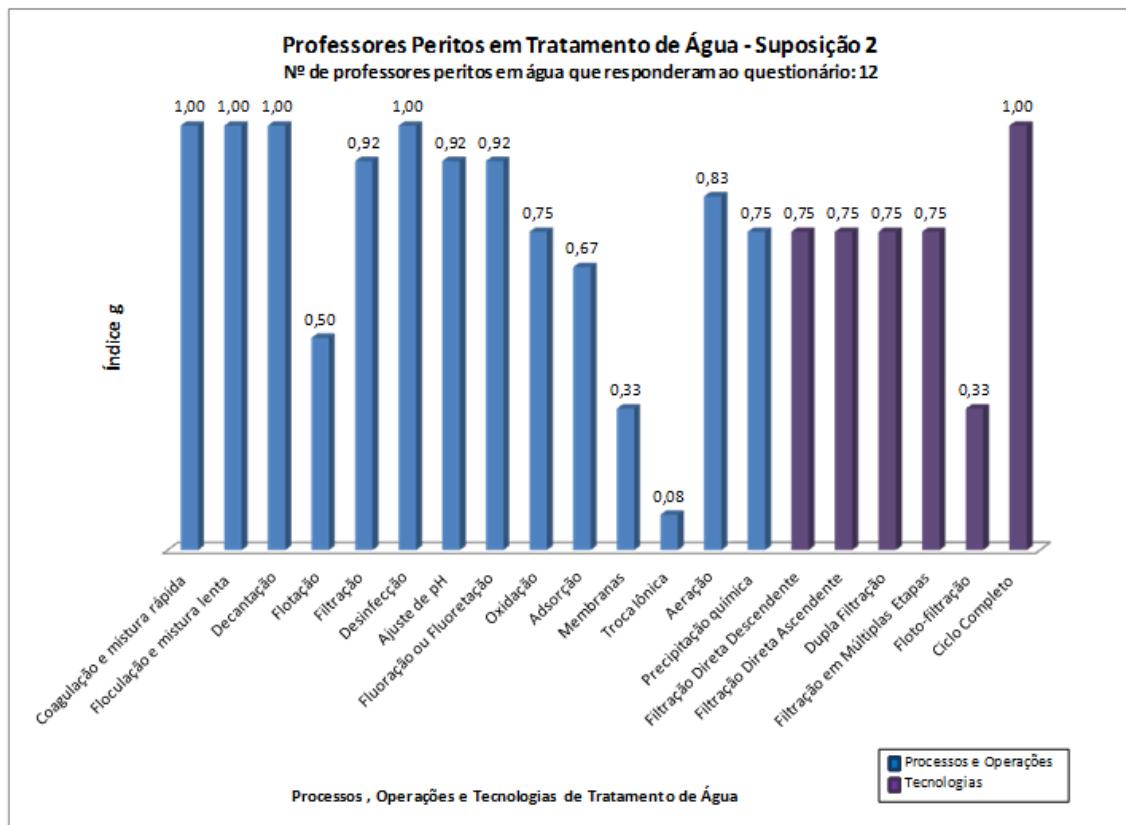


Figura 15. Índice  $g$  para processos, operações e tecnologias de tratamento de água

Professores Peritos em Tratamento de Água - Suposição

Número de professores peritos em tratamento de água que responderam ao questionário: 12

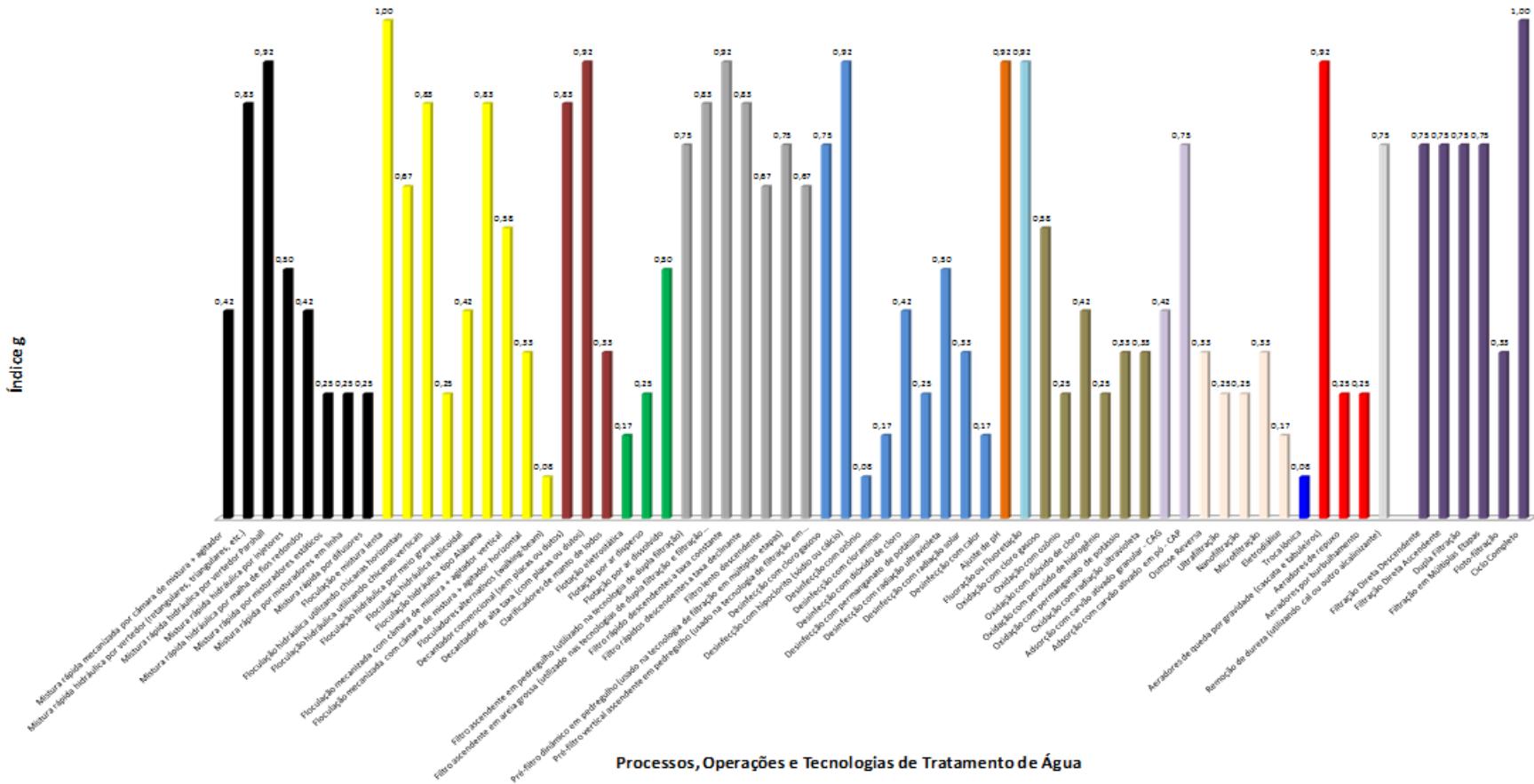


Figura 16. Índice  $g$  para tipos de processos e operações e tecnologias de tratamento de água

Conforme opinião dos peritos em tratamento de água, ao comparar a Suposição 1 com a Suposição 2 o índice  $g$  apresentou-se mais elevado, indicando que a operação do sistema pelas Companhias de Saneamento poderiam ajudar na transferência da tecnologia em pequenas comunidades do país.

Os processos e operações que apresentam maior índice  $c$  ( $> 0,90$ ) foram os mesmos indicados no item 5.1.3.1 correspondentes à tecnologia de ciclo completo. Na Figura 16 observa-se que as unidades relacionadas à tecnologia de ciclo completo apresentam o maior índice  $g$ .

#### **5.1.4. Consulta aos peritos em saneamento geral**

Foram consultados via e-mail 61 peritos em tratamento e água e saneamento, dos quais 11 dos peritos em saneamento responderam ao questionário. Sendo considerados como peritos em saneamento os profissionais que atuam na área de tratamento de efluentes em geral.

##### **5.1.4.1 Peritos em Saneamento – Suposição 1**

O novo índice (índice  $d$ ) foi criado, o qual considera a Suposição 1. O cálculo foi realizado da seguinte forma:

Índice $d$  = Número de peritos em saneamento que recomendaram o processo, operação ou tecnologia de tratamento de água/total de peritos em saneamento pesquisados que responderam o questionário.

As Figuras 17 e 18 apresentam os resultados obtidos. Os resultados obtidos indicam que os processos e operações com índice $d$  zero foram:

1. Mistura rápida por misturadores estáticos;
2. Floculação hidráulica helicoidal;
3. Floculação mecanizada com câmara de mistura com agitador horizontal;
4. Floculadores alternativos (*walking-beam*);
5. Flotação eletrostática e por ar disperso;
6. Desinfecção com ozônio, cloraminas, dióxido de cloro e permanganato de potássio
7. Oxidação com cloro gasoso, ozônio, dióxido de cloro, peróxido de hidrogênio e radiação ultravioleta;
8. Eletrodiálise;
9. Troca Iônica;

## 10. Aeradores de repuxo e por burbulhamento.

Ao analisar as Figuras 17 e 18 destaca-se o índice baixo da tecnologia de floto-filtração ( $Indice_b = 0,1$ ) essa tendência também foi observada pelos peritos em tratamento de água (Item 5.1.3). O fato pode estar associado aos requerimentos especializados de mão de obra, operação e manutenção que podem dificultar sua transferência, mais ainda, quando a população é responsável pela prestação do serviço.

Ao comparar os resultados entre os peritos em tratamento de água e os peritos em saneamento, também, nota-se a diminuição considerável dos valores dos índices de determinadas operações processos e tecnologias, tais quais: dupla-filtração, filtração em múltiplas etapas, oxidação, aeração e precipitação química, fato o qual pode ser explicado pelo maior conhecimento dessas técnicas e tecnologias por parte dos peritos em tratamento de água.

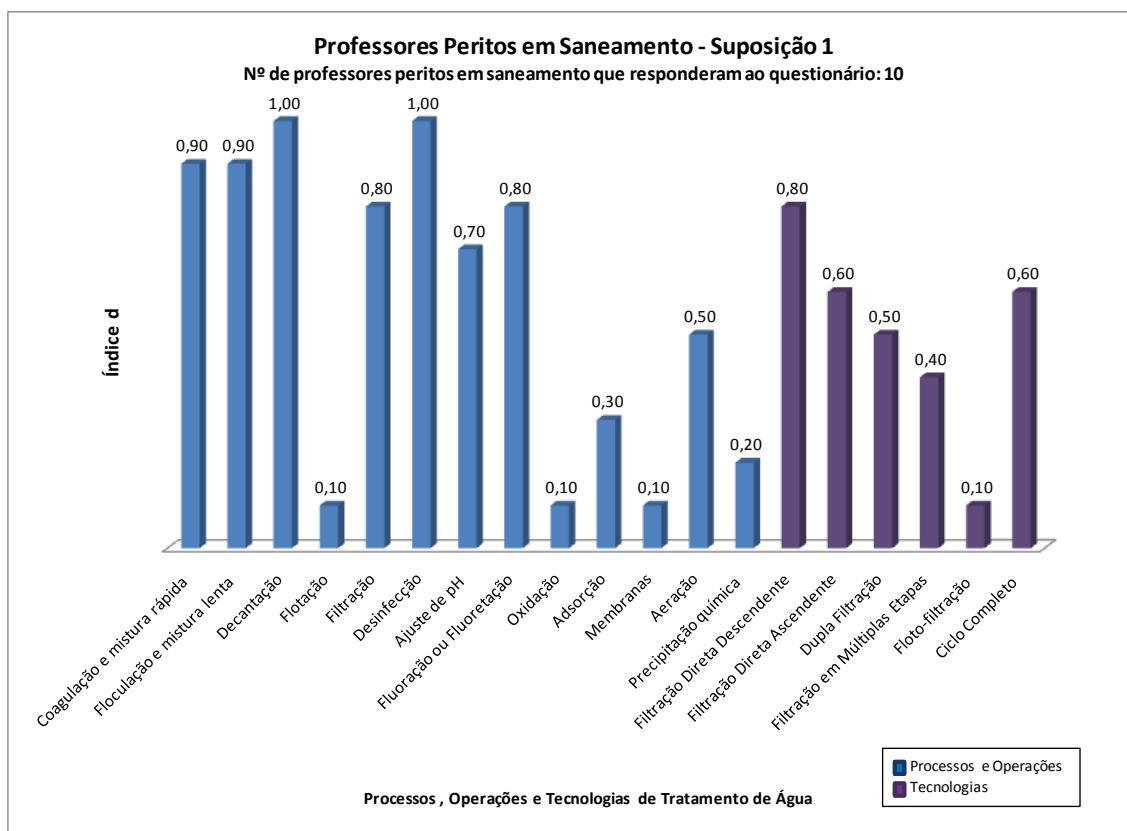


Figura 17. Índice  $d$  para processos, operações e tecnologias de tratamento de água

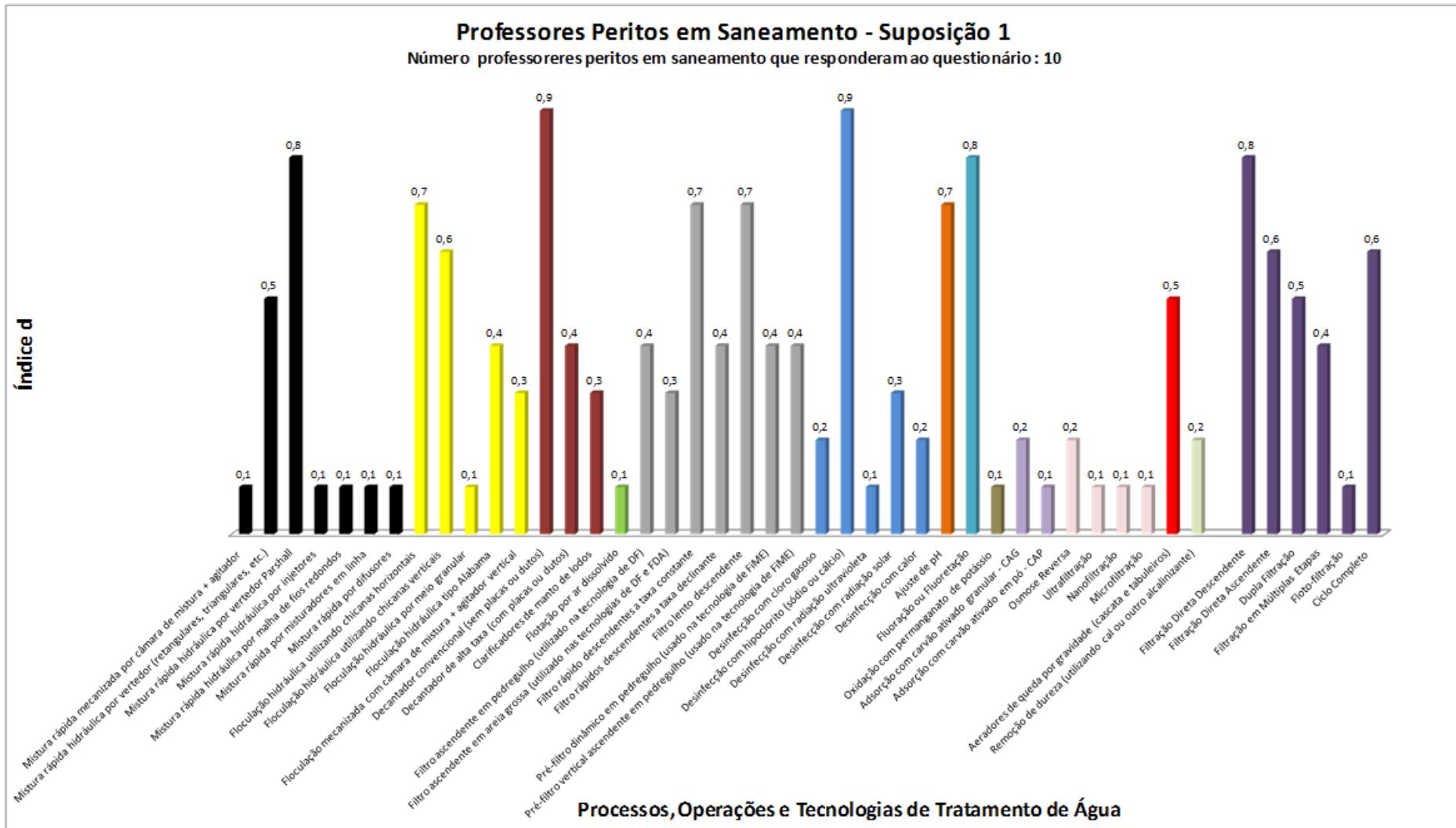


Figura 18. Índice  $d$  para tipos de processos e operações e tecnologias de tratamento de água

#### 5.1.4.2 Peritos em Saneamento – Suposição 2

Foi criado um novo índice ( $\text{Índice}_h$ ), o qual considera a Suposição 2. O cálculo foi realizado assim:

$\text{Índice}_h = \frac{\text{Número de peritos em saneamento que recomendaram o processo, operação ou tecnologia de tratamento de água}}{\text{total de peritos em saneamento pesquisados que responderam o questionário}}$

As Figuras 19 e 20 apresentam os resultados obtidos. Constatou-se que o índice  $g$  zero foi estabelecido para: i) floculação hidráulica helicoidal, ii) floculadores alternativos (walking-beam), iii) flotação eletrostática, iv) flotação por ar disperso, v) oxidação com dióxido de cloro; e vi) Eletrodiálise. Assim, houve diferenças entre as opiniões dos peritos em tratamento de água e em saneamento geral.

Conforme opinião dos peritos em saneamento, ao comparar a Suposição 1 com a Suposição 2, o índice  $h$  foi maior indicando a importância das Companhias de Saneamento na transferência da tecnologia em pequenas comunidades do país.

Na Figura 20 observa-se que as unidades relacionadas à tecnologia de filtração direta ascendente, dupla filtração e ciclo completo e especialmente tecnologia de filtração direta descentemente, apresentam maior índice  $h$ .

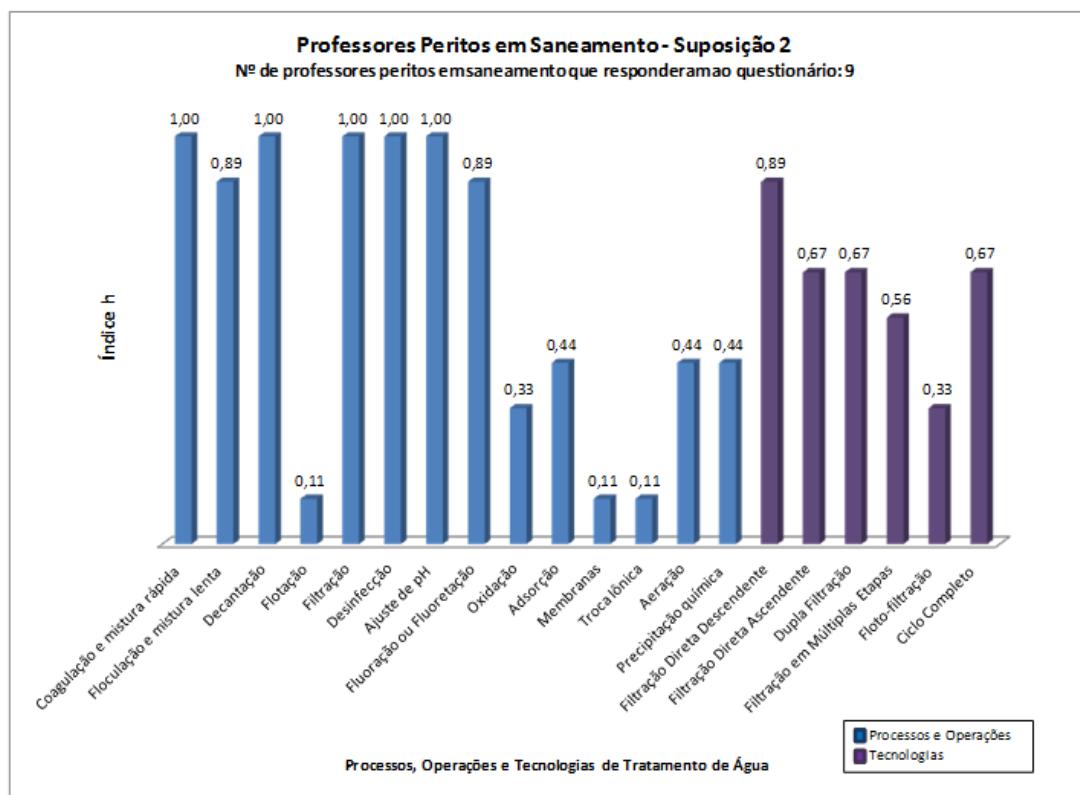


Figura 19. Índice  $h$  para processos, operações e tecnologias de tratamento de água

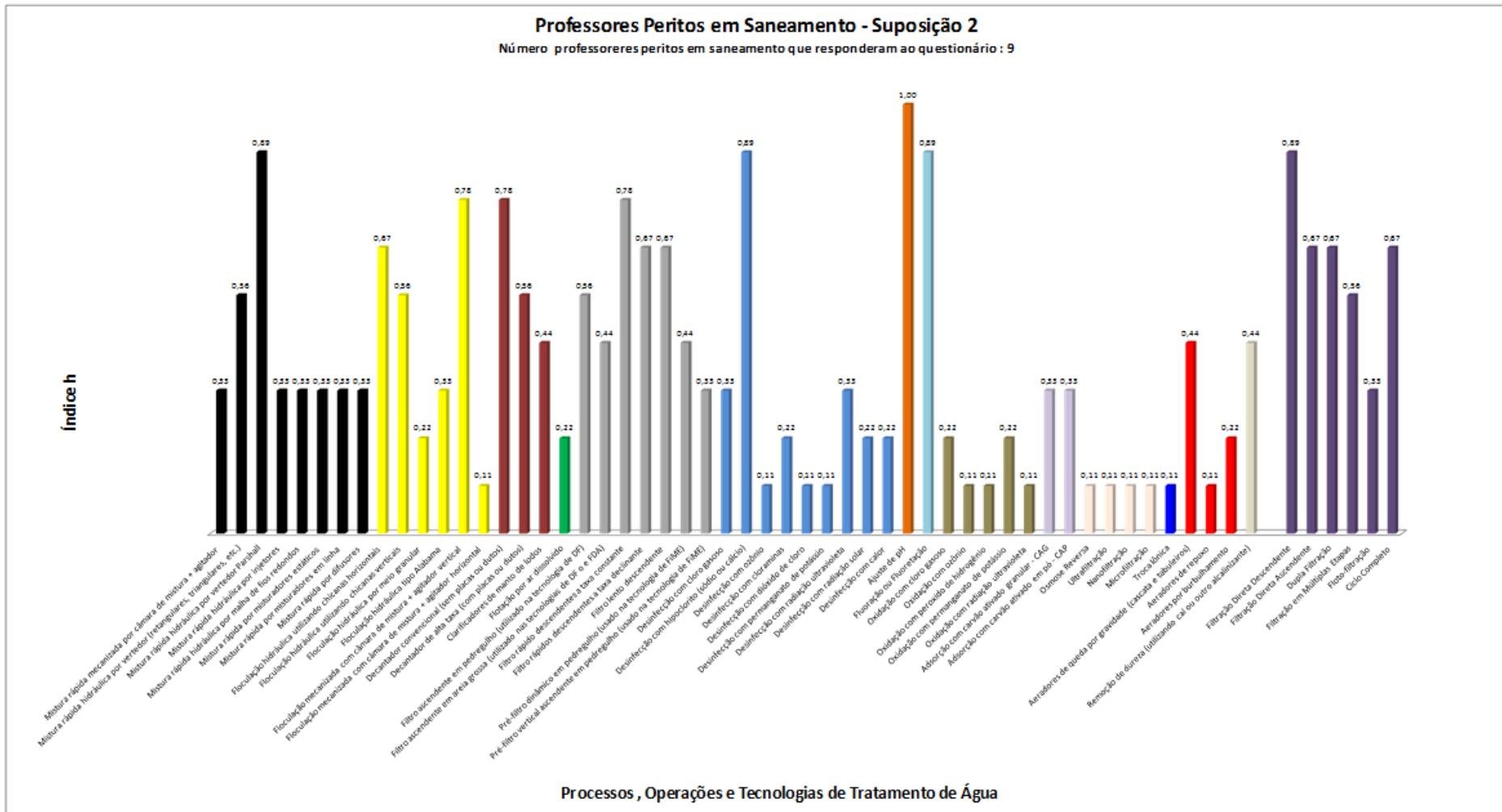


Figura 20. Índice  $h$  para tipos de processos, operações e tecnologias de tratamento de água

### **5.1.5. Consulta a empresas de consultoria em saneamento**

A fim de considerar as opiniões de diferentes setores envolvidos no processo de institucionalização, foram consultadas 38 empresas de consultoria do ramo de tratamento de água e efluentes, das quais somente dois responderam o questionário. O mesmo questionário enviado aos peritos foi encaminhado às empresas de consultoria.

A seguir apresentam-se as figuras e tabelas dos resultados obtidos para duas hipóteses de operação propostas, conforme indicado no item 5.1.3.

Vale ressaltar que como somente 2 consultorias responderam ao questionário, assim, os resultados obtidos são pouco representativos, pelo fato de não representarem uma alta gama de opiniões do setor, ou seja, um pequeno espaço amostral.

#### **5.1.5.1 Empresas de Consultoria – Suposição 1**

Outro índice ( $\text{Índice}_e$ ) foi criado, o qual considera a Suposição 1, calculado pela seguinte fórmula:

$\text{Índice}_e = \frac{\text{Número de empresas que recomendam o processo, operação ou tecnologia de tratamento de água}}{\text{total de empresas consultadas que responderam o questionário}}$

Nas Figuras 21 e 22 encontram-se os resultados obtidos para a Suposição 1

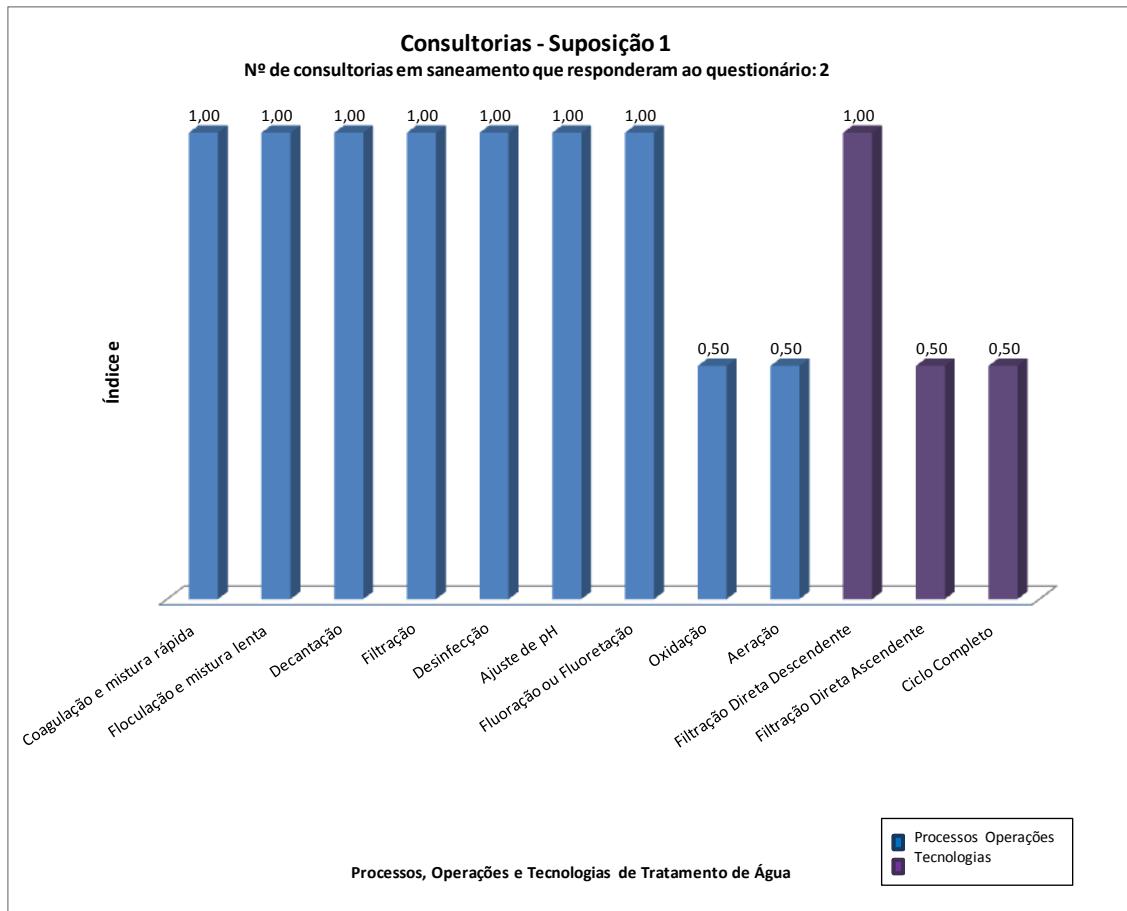


Figura 21. Índice  $e$  para processos, operações e tecnologias de tratamento de água

Os resultados obtidos indicaram que os processos, operações e tecnologias com índice<sub>e</sub> zero foram:

1. Adsorção
2. Membranas
3. Troca iônica
4. Precipitação química
5. Tecnologia de Dupla filtração
6. Tecnologia de Filtração em Múltiplas Etapas
7. Tecnologia de Floto-filtração
8. Mistura rápida mecanizada por câmara de mistura com agitador
9. Mistura rápida hidráulica por injetores
10. Mistura rápida hidráulica por malha de fios redondos
11. Mistura rápida por misturadores estáticos

12. Mistura rápida por misturadores em linha
13. Mistura rápida por difusores
14. Floculação hidráulica helicoidal
15. Floculação mecanizada com câmara de mistura com agitador horizontal
16. Floculadores alternativos (*walking-beam*)
17. Clarificadores de manto de lodos
18. Flotação eletrostática
19. Flotação por ar disperso
20. Pré-filtro dinâmico em pedregulho (usado na tecnologia de FiME)
21. Pré-filtro vertical ascendente em pedregulho (usado na tecnologia de FiME)
22. Desinfecção com ozônio
23. Desinfecção com cloraminas
24. Desinfecção com dióxido de cloro
25. Desinfecção com permanganato de potássio
26. Desinfecção com radiação ultravioleta
27. Oxidação com ozônio
28. Oxidação com dióxido de cloro
29. Oxidação com permanganato de potássio
30. Oxidação com radiação ultravioleta
31. Adsorção com carvão ativado granular – CAG
32. Osmose Reversa
33. Ultrafiltração
34. Nanofiltração
35. Microfiltração
36. Eletrodiálise
37. Aeradores de repuxo
38. Aeradores por burbulhamento
39. Remoção de dureza (utilizando cal ou outro alcalinizante)

Segundo as empresas de consultoria pesquisadas, tecnologias simplificadas como dupla filtração e filtração em múltiplas etapas não são recomendadas, fato que é questionável considerando as características desses sistemas, principalmente, da FiME.

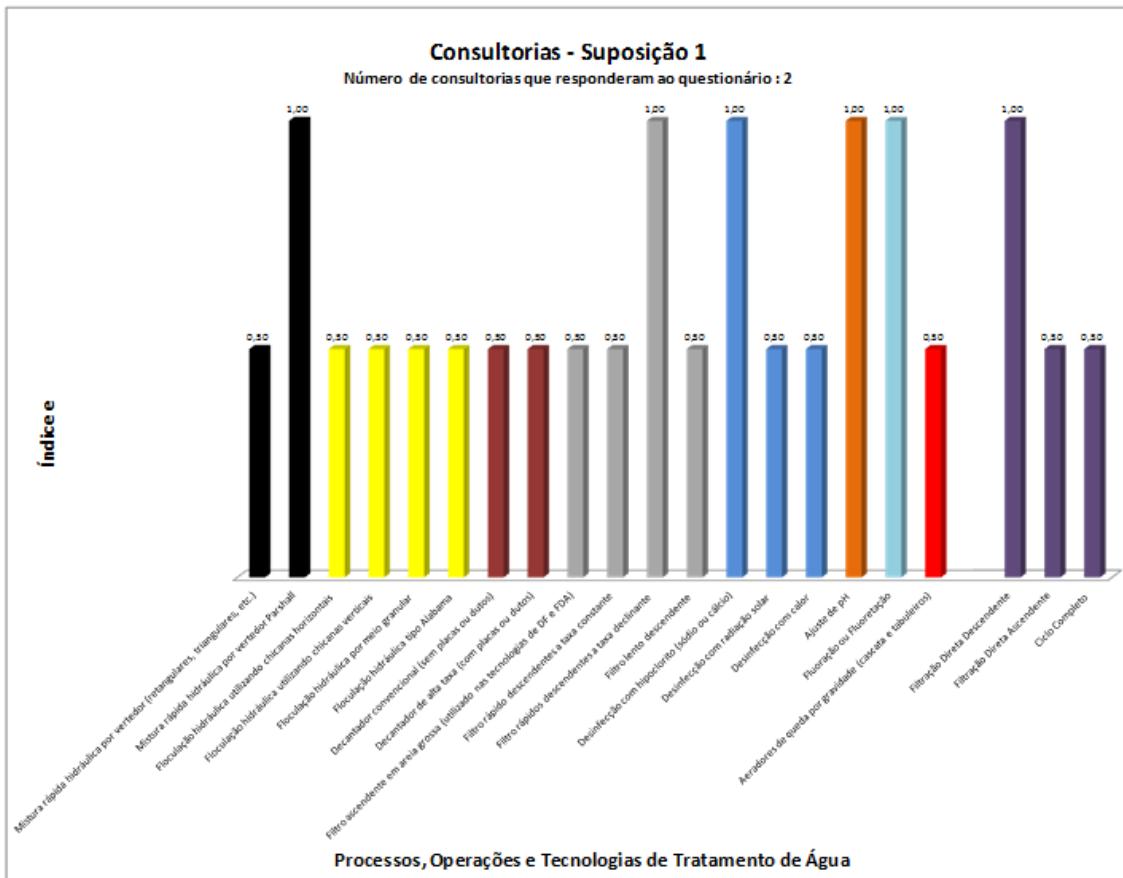


Figura 22. Índice  $e$  para tipos de processos, operações e tecnologias de tratamento de água

Ao analisar as Figuras 21 e 22 observa-se que a tecnologia de filtração direta descendente apresenta maior índice $e$  (valor = 1,0) quando comparado ao obtido no ciclo completo (Índice $e$  = 0,5). Segundo as empresas de consultoria, a filtração direta ascendente também é recomendada para comunidades de pequeno porte.

#### **5.1.5.2 Empresas de consultoria – Suposição 2**

O Índice  $i$  averigua as respostas das empresas segundo a suposição 2. Este foi calculado pela seguinte fórmula:

Índice  $i$  = Número de empresas que recomendam o processo, operação ou tecnologia de tratamento de água/total de empresas consultadas que responderam o questionário.

Nas Figuras 23 e 24 encontram-se os resultados obtidos para a Suposição 2.

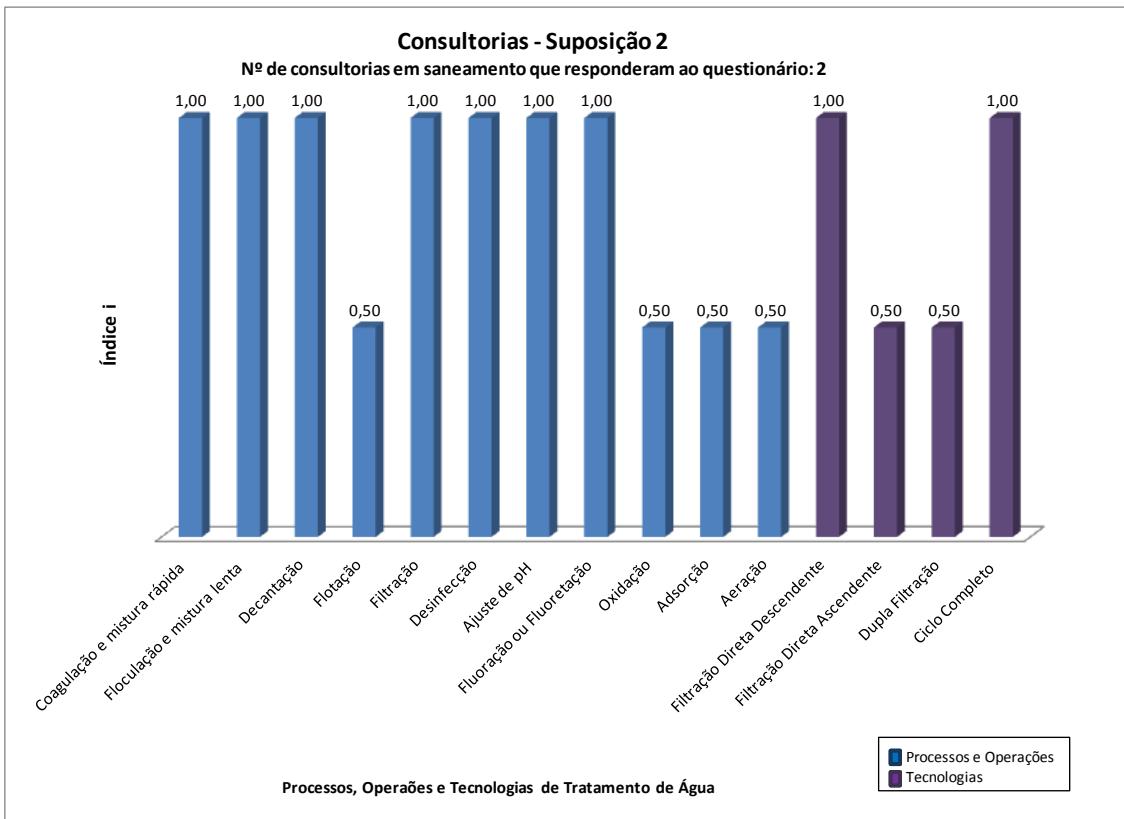


Figura 23. Índice  $i$  para processos, operações e tecnologias de tratamento de água

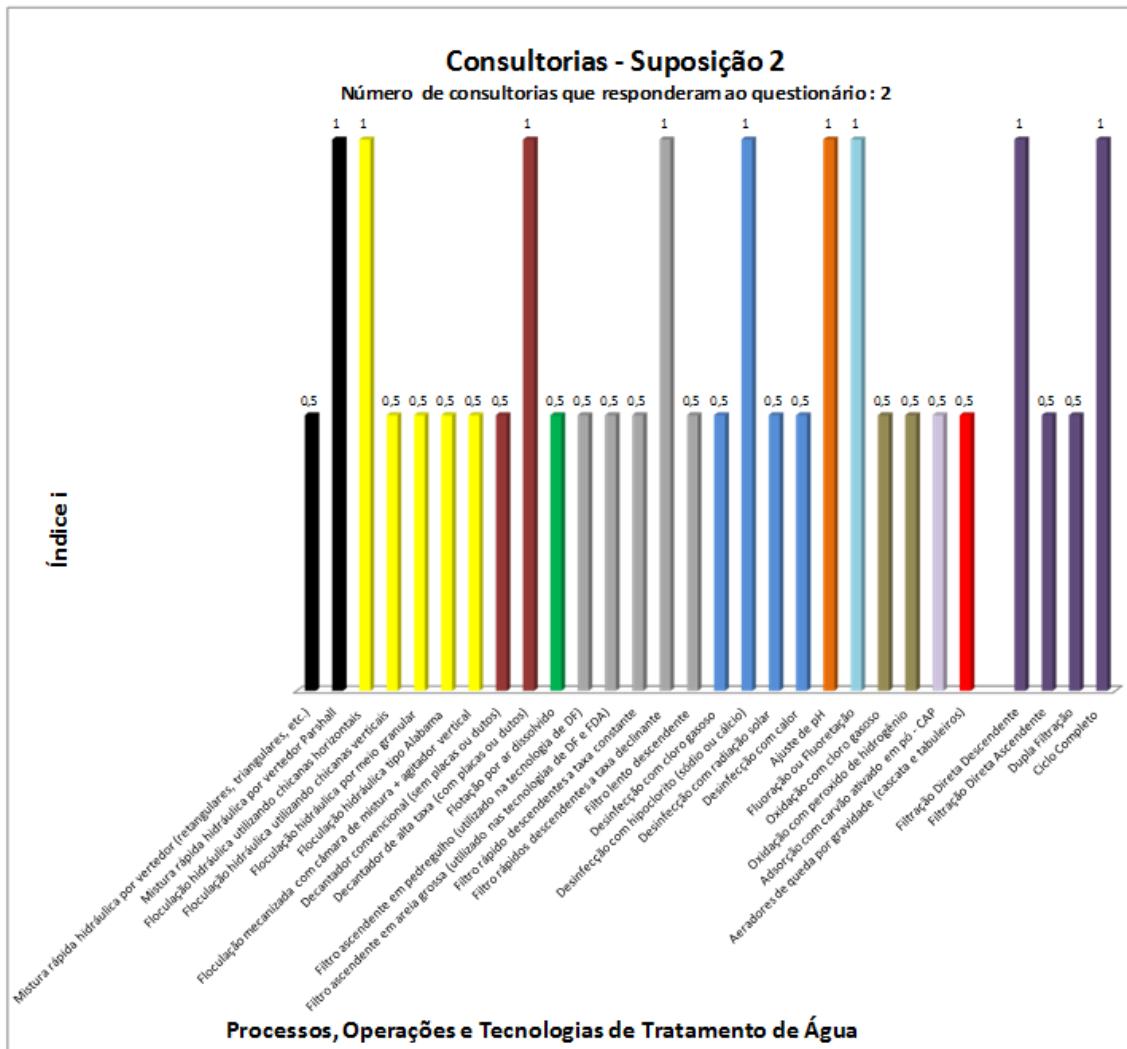


Figura 24. Índice  $I_1$  para tipos de processos, operações e tecnologias de tratamento de água

Os resultados obtidos indicaram que os processos, operações e tecnologias com índice zero foram os mesmos do item 5.1.5.1, excluindo a flotação, a adsorção e a tecnologia de dupla filtração. Assim, conforme as Figuras 23 e 24, verificou-se que para os índices encontrados na Suposição 2, houve a abrangência de novas opções de tratamento, pelo fato de serem operadas por Companhias de Saneamento Básico, tendo aumentado inclusive, o índice de tecnologias como ciclo completo, filtração direta ascendente e dupla filtração.

#### **5.1.6. Consulta a engenheiros de empresas de saneamento público**

A consulta aos engenheiros que trabalham nas Companhias de Saneamento foi considerada, assim, foram consultados 63 profissionais, dos quais 5 responderam ao questionário. A seguir apresentam-se os resultados obtidos para duas suposições do item 5.1.3.

Vale frisar que o espaço amostral para essa categoria de opiniões também se mostrou pequeno, o que resulta em resultados menos significativos.

#### **5.1.6.1. Engenheiros de companhias de saneamento – Suposição 1**

Para os engenheiros de companhias de saneamento foi determinado o Índice  $f$ , segundo suposição 1, assim:

Índice  $f$  = Número de engenheiros que recomendam o processo, operação ou tecnologia de tratamento de água/total de engenheiros que responderam ao questionário.

As Figuras 25 e 26 mostram os resultados obtidos.

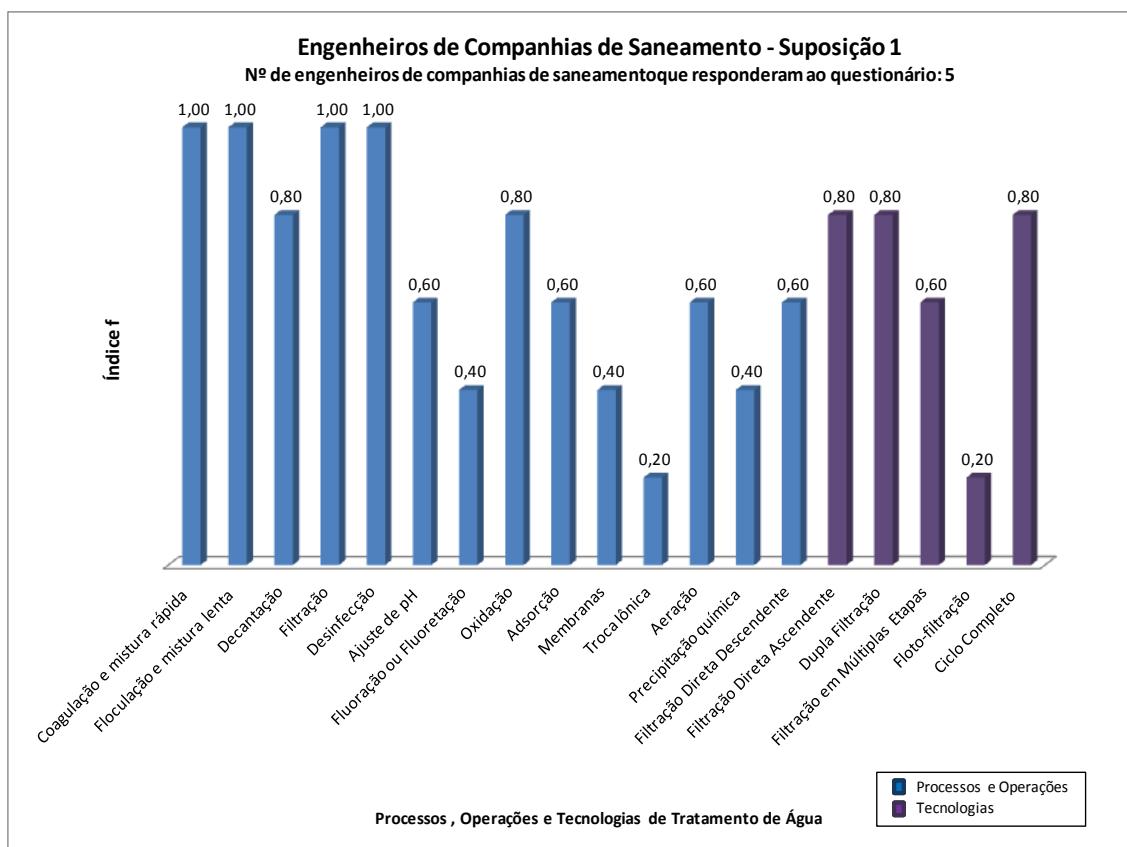


Figura 25. Índice  $f$  para processos, operações e tecnologias de tratamento de água

Engenheiros de Companhias de Saneamento Básico - Suposição 1

Número de engenheiros de CSB que responderam ao questionário : 5

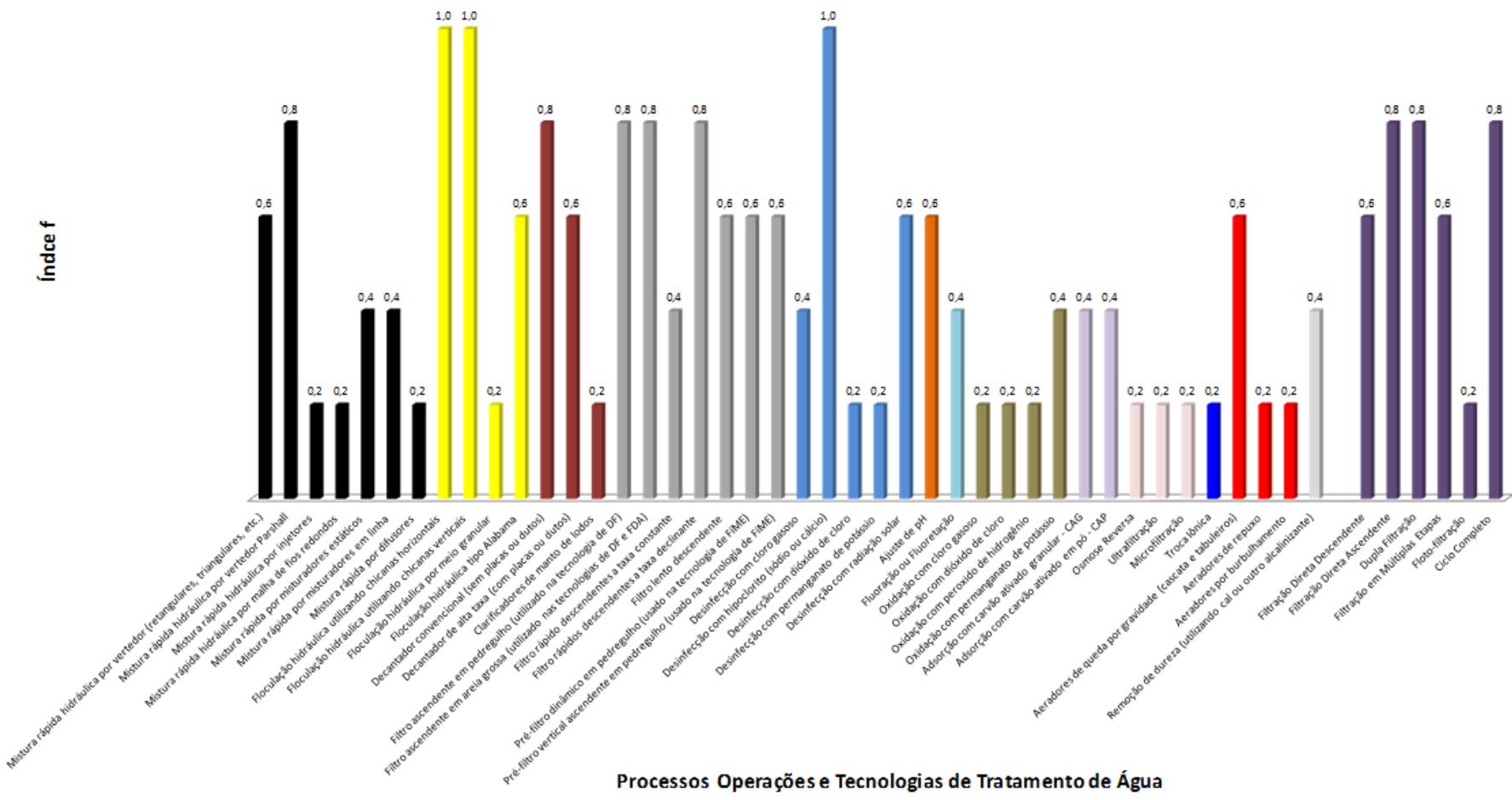


Figura 26. Índice  $f$  para tipos de processos, operações e tecnologias de tratamento de água

Os resultados obtidos indicaram que os processos, operações e tecnologias com índice  $e$  zero foram:

1. Mistura rápida mecanizada por câmara de mistura com agitador;
2. Floculação hidráulica helicoidal;
3. Floculação mecanizada com câmara de mistura com agitador vertical;
4. Floculação mecanizada com câmara de mistura com agitador horizontal;
5. Floculadores alternativos (*walking-beam*);
6. Flotação eletrostática;
7. Flotação por ar disperso;
8. Flotação por ar dissolvido;
9. Desinfecção com ozônio, cloraminas, radiação ultravioleta e calor;
10. Oxidação com ozônio, radiação ultravioleta;
11. Nanofiltração;
12. Eletrodiálise.

Segundo os engenheiros consultados existe dificuldade em transferir técnicas que envolvam equipamentos mecanizados e mão de obra especializada como flotação, mistura mecanizada, oxidação, nanofiltração, entre outras. Isso se dá em função da baixa disponibilidade desse tipo de mão de obra e de equipamentos específicos em pequenas comunidades, o que inviabiliza a auto-operação e manutenção das mesmas.

Destaca-se a importância no uso de tecnologias como filtração direta ascendente, dupla filtração e ciclo completo com índice  $f$  de 0,80.

#### **5.1.6.1. Engenheiros de companhias de saneamento – Suposição 2**

Para os engenheiros das Companhias de Saneamento foi determinado o Índice  $j$ , conforme suposição 2, assim:

Índice  $j$  = Número de empresas que recomendam o processo, operação ou tecnologia de tratamento de água/total de engenheiros que responderam o questionário.

As Figuras 27 e 28 mostram os resultados obtidos.

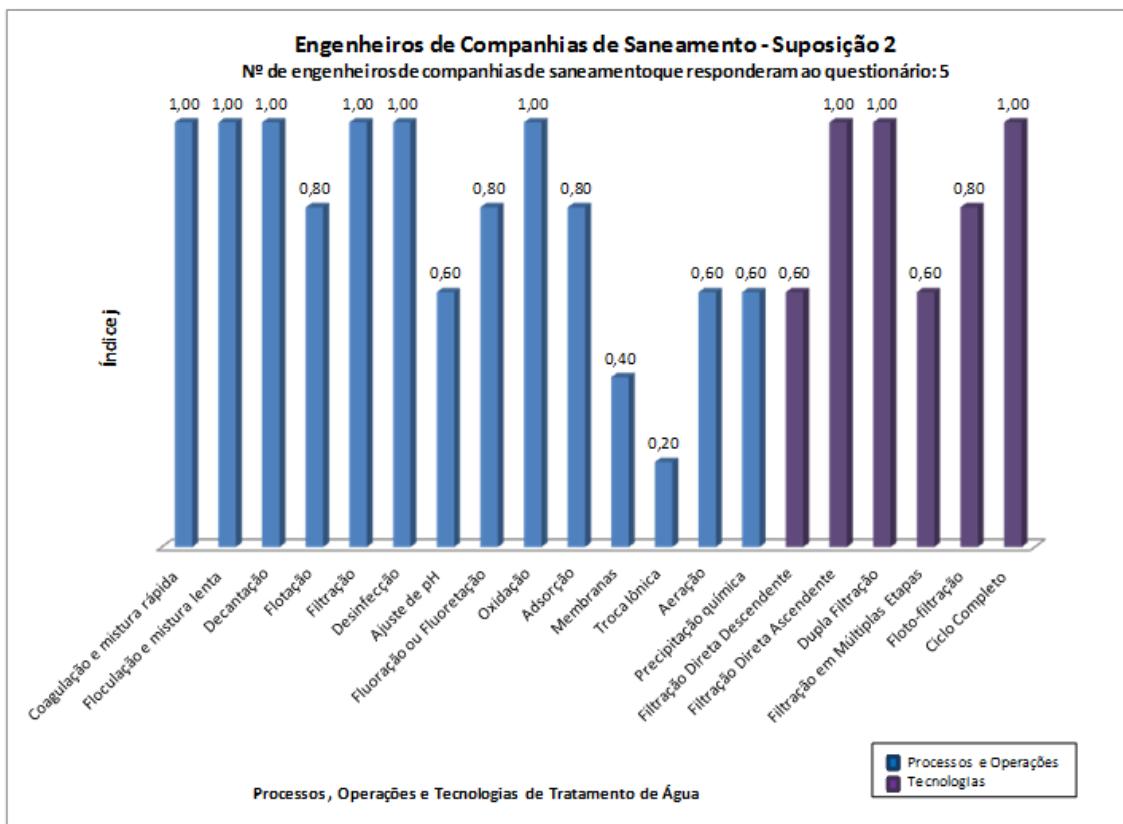


Figura 27. Índice  $j$  para processos, operações e tecnologias de tratamento de água

Os resultados indicaram que os processos, operações e tecnologias com índice  $j$  zero foram: i) floculação hidráulica helicoidal, ii) floculadores alternativos (walking-beam); iii) flotação eletrostática; iv) flotação por ar disperso; v) desinfecção com cloraminas; vii) oxidação com radiação ultravioleta; viii) nanofiltração; e xi) eletrodiálise.

Conforme opinião dos engenheiros consultados, ao comparar a Suposição 1 com a Suposição 2, o índice  $j$  foi maior indicando que a operação do sistema pelas Companhias de Saneamento poderia ajudar na transferência da tecnologia em pequenas comunidades, nas quais segundo tal perspectiva, poderiam operar inclusive com algumas técnicas que exigem equipamentos e mão de obra mais especializada.

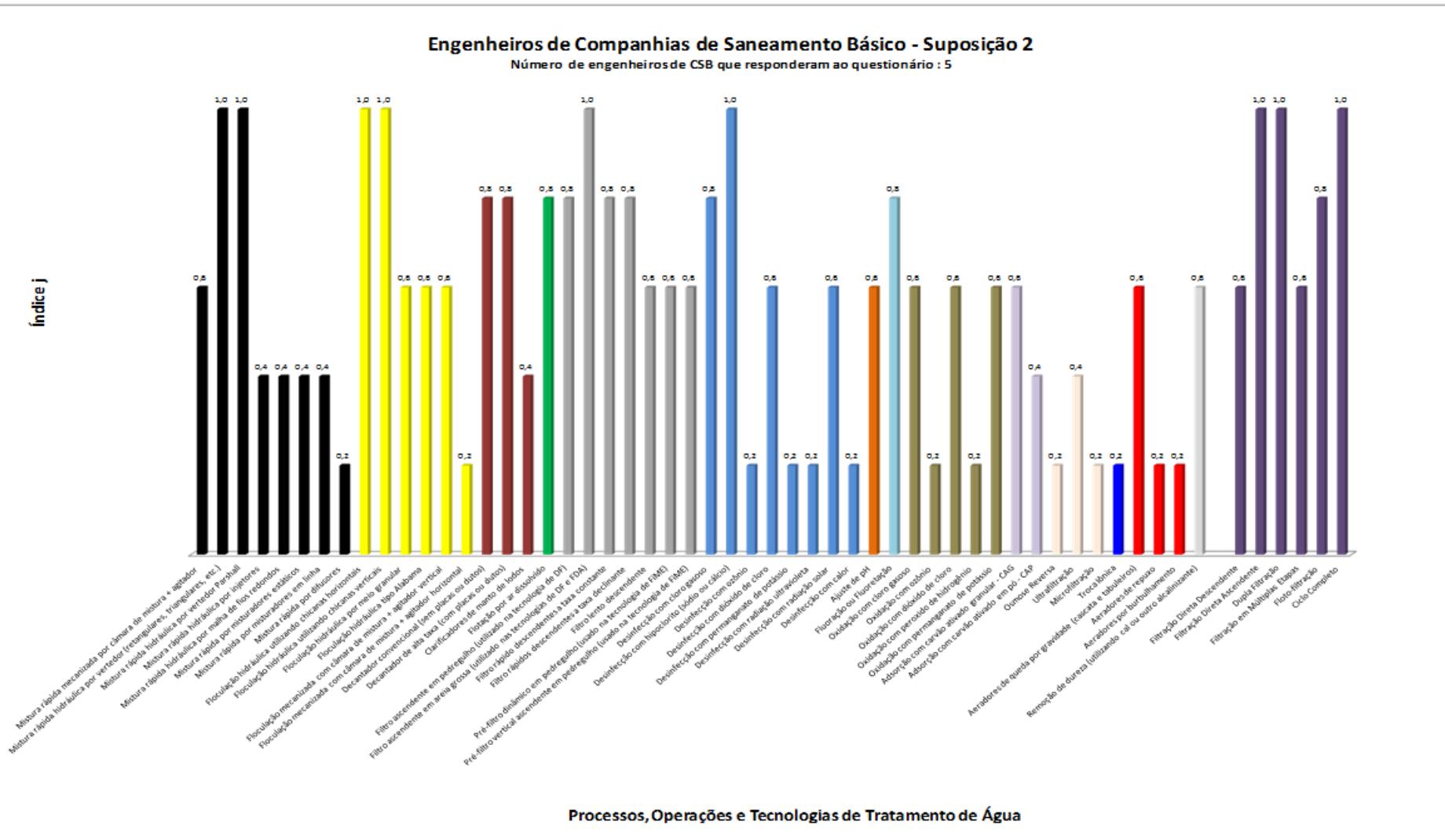


Figura 28. Índice  $j$  para tipos de processos, operações e tecnologias de tratamento de água

### **5.1.7. Consulta a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB (2008)**

A PNSB (2008) foi consultada para descobrir os processos, as operações e as tecnologias de tratamento de água que são utilizados em pequenas comunidades do país.

Inicialmente, pretendia-se interligar os índices calculados nos itens 5.1.1 a 5.1.6 (Índice  $a$  até Índice  $j$ ) com índices correspondentes às tecnologias comumente utilizadas no Brasil. Contudo, houve incompatibilidade na classificação dos dados obtidos na PNSB (2008) em relação à classificação estabelecida na pesquisa, assim, foi impossível avaliar o nível de institucionalização conforme inicialmente planejado.

Destaca-se que a análise das ETAs construídas no Brasil é de grande importância pelo fato de demonstrar quais são os tipos de sistemas que estão sendo empregados, assim, optou-se por uma análise comparativa do nível de institucionalização e da realidade das ETAs, ajustando, desta forma, o método inicialmente proposto.

O PNSB (2008) classifica o tratamento de água em três tipos, sendo estes:

- a) *Convencional*: quando a água bruta passa por tratamento completo em uma estação de tratamento, abrangendo os processos de floculação, decantação, antes de ser distribuída à população, podendo ocorrer, também, as etapas filtração, e desinfecção ou cloração, antes correspondentes à correção de pH e fluoretação; O cloro é o desinfetante mais empregado, porém existem outros métodos químicos de desinfecção como, por exemplo, ozona; iodo; prata, coloidal ou iônica; sal de cozinha etc.
- b) *Não Convencional*: quando a água bruta passa por tratamento onde não constam todas as etapas descritas no tratamento convencional. Alguns dos processos considerados não convencionais são: clarificação de contato; tratamento em estação de tratamento de água compacta, pressurizada ou não; filtração direta; dessalinização; ou simples desinfecção (cloração e outros), antes da distribuição à população.
- c) *Simples desinfecção (cloração)*: quando a água bruta recebe apenas o composto de cloro antes de sua distribuição à população.

Com os dados obtidos no PNSB (2008), o seguinte índice (Índice  $k$ ) foi criado assim:

Índice $_k$  = tipo de ETA avaliada/número de ETAs cadastradas no PNSB

As Figuras 29 e 30 mostram, respectivamente, a classificação das ETAs segundo o PNSB (2008) e o valor do índice calculado.

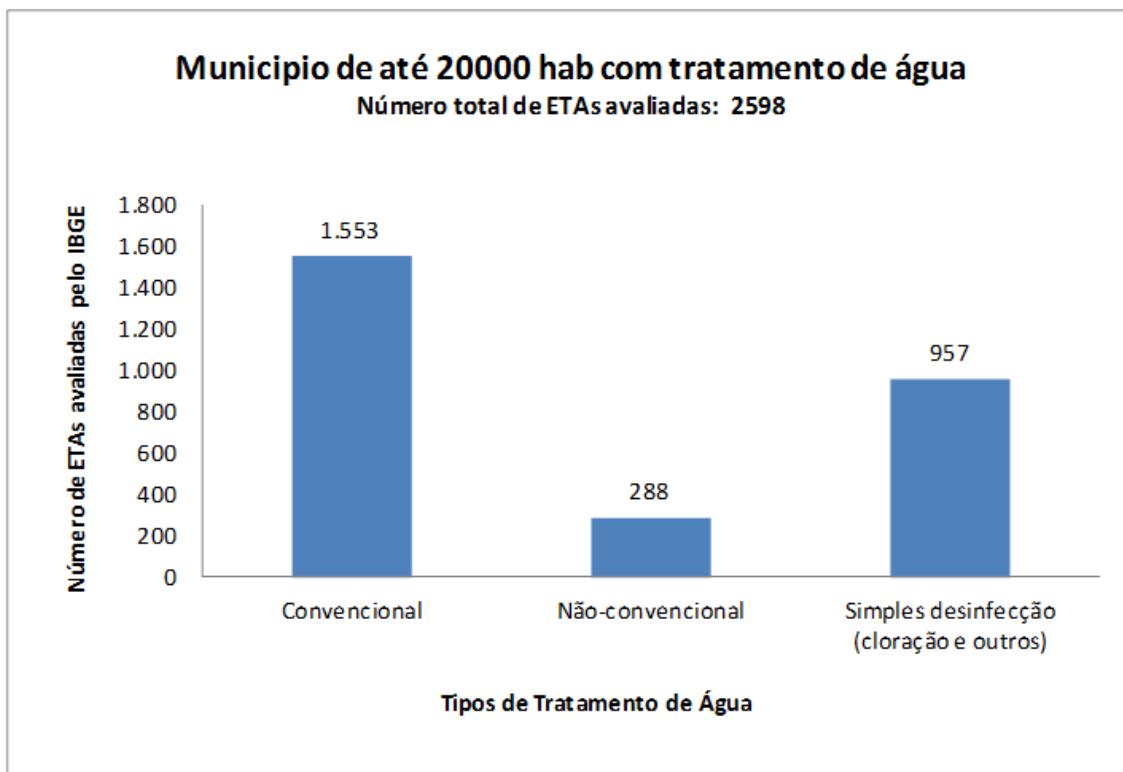


Figura 29. Número de ETAs que utilizam de cada tipo de tratamento de água segundo dados do PNSB (2008)

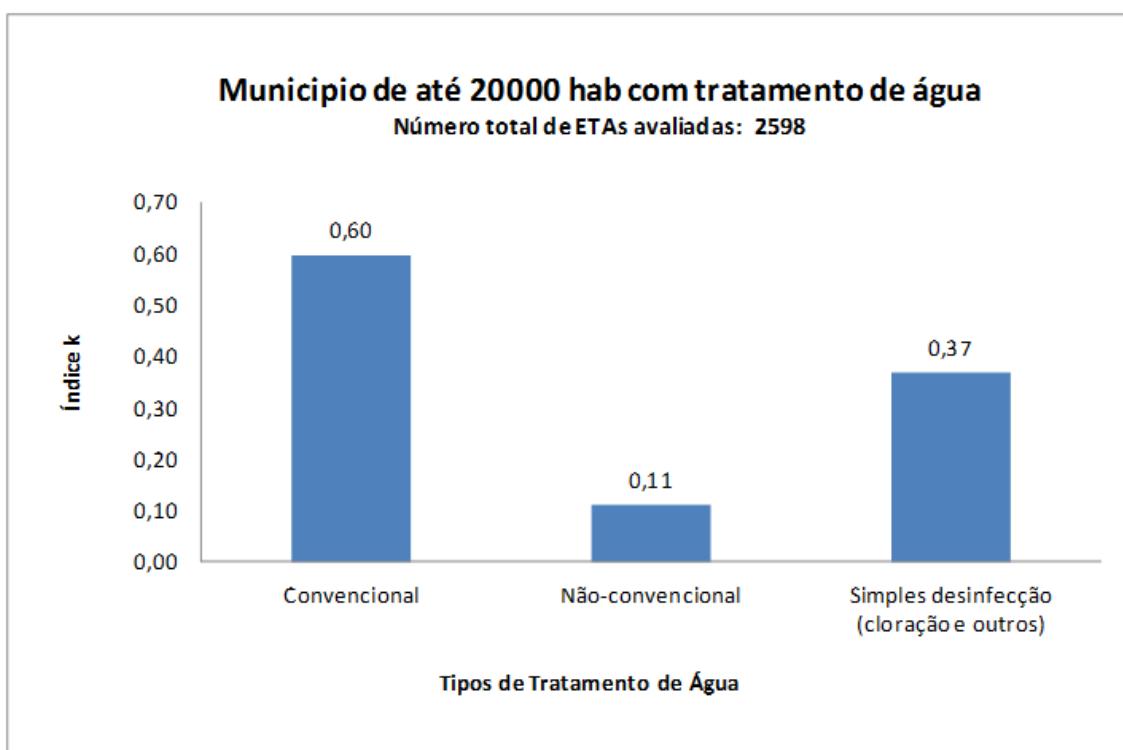


Figura 30. Índice  $k$  para as tecnologias avaliadas pelo PNSB (2008)

Segundo os dados obtidos, verifica-se que o maior índice  $k$  foi obtido pela tecnologia convencional (ou ciclo completo) com 0,6. O resultado é compatível com a maioria dos índices ( $\text{índice}_a$  a  $\text{índice}_j$ ) calculados anteriormente.

#### 5.1.8. Consulta às Companhias de Saneamento

As Companhias de Saneamento foram consultadas, mas somente a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP atendeu ao pedido.

Em março de 2012 a SABESP enviou a relação das ETAs, sob sua guarda, com vazões nominais de até 50L/s, conforme Tabela 8. Os dados fornecidos pela SABESP permitiram desenvolver a Figura 30.

Tabela 8. ETAs operadas pela SABESP com vazões de até 50L/s (SABESP, 2012)

Nome da Cidade	IBGE População (2008)	Vazão Nominal (L/s) Dados SABESP (2012)	Nome da Cidade	IBGE População (2008)	Vazão Nominal (L/s) Dados SABESP (2012)
Dirce Reis	1624	5	Riolândia	10365	50
Taguaí	10542	33	Paulo de Faria	9378	44
Iporanga	4772	10	Barra do Turvo	7744	16
Conchas	16160	40	Redenção da Serra	4230	12
Pariguera-Açu	18815	50	Monteiro Lobato	4235	12
Sete Barras	13211	37			4
Cananéia	12377	80			1
Queluz	11012	40	Pardinho	5285	15
São Lourenço da Serra	17763	25			4
		15			33
Araçiguama	13027	30			25
Águas da Prata	7684	30	Santópolis do Aguapeí	4199	16
		6	Ribeira	3544	15
		4	Duartina	12777	60
Paranapanema	17558	20	Divinolândia	11415	25
		25			6
Águas de São Pedro	2547	30	Morungaba	12999	20
Pedregulho	15717	40	Itatinga	18761	44
Cardoso	11632	48	Itaporanga	14752	60
Lagoinha	4917	7	Riversul	6588	25
Juquiá	19688	33	Lavrínhas	6915	20
Charqueada	15213	40	Pedro de Toledo	10163	37
		13	Itobi	7692	25
Charqueada	15213	4	Coronel Macedo	5370	12
Nova Campina	9091	12	Nhandeara	10726	25
Itaberá	17804	40	Palmeira d'Oeste	9771	40
Buri	18112	35	Fartura	14985	50
Três Fronteiras	5167	20	Ibirá	10992	40
Arapeí	2587	15	Nova Granada	18543	55
Torre de Pedra	3058	16	Bananal	10727	25
Porangaba	8739	22	Alumínio	16331	33
Ribeirão Branco	18867	20			6
Silveiras	5803	36	Bofete	9194	25

Nota: Algumas cidades apresentam mais de uma vazão nominal devido à existência de mais de uma ETA

Foram avaliadas ETAs de até 50L/s, pois isso implica ter populações de até 20000 hab, com um coeficiente do dia de maior consumo ( $K_1$ ) de 1,2 e um consumo *per capita* ( $q$ ) de 180 a 200 L/hab.dia. Os valores anteriores são comumente adotados no dimensionamento de ETAs. Evidentemente, o cálculo da vazão de projeto da ETA depende muito das características da cidade, do  $K_1$ , do  $q$ , dos consumos especiais ( $Q_{específico}$ ) e da vazão de limpeza das unidades na ETA ( $Q_{limpeza}$ ). Desse modo, 50L/s é somente uma aproximação do possível máximo valor necessário para atender a demanda de uma população com até 20000hab, considerando 24h de funcionamento do sistema.

Assim como ocorreu com os dados do PNSB (2008), a classificação dos processos, operações e tecnologias estabelecidos nesta pesquisa foram diferentes aos indicados pela SABESP, o que inviabilizou a inserção de forma direta das informações da Companhia no cálculo do nível de institucionalização. Contudo, para que seja considerada a real aplicabilidade de cada tipo de tecnologia, foi realizada uma análise comparativa dos dados de ETAs reais (operadas pela SABESP) com as do nível de institucionalização, visando concomitantemente de validação do método utilizado. Desse modo, a Tabela 9, apresenta as nomenclaturas utilizadas pela SABESP e suas correspondentes renomeações de acordo com as terminologias utilizadas nesta pesquisa, visando a criação de um padrão de comparação.

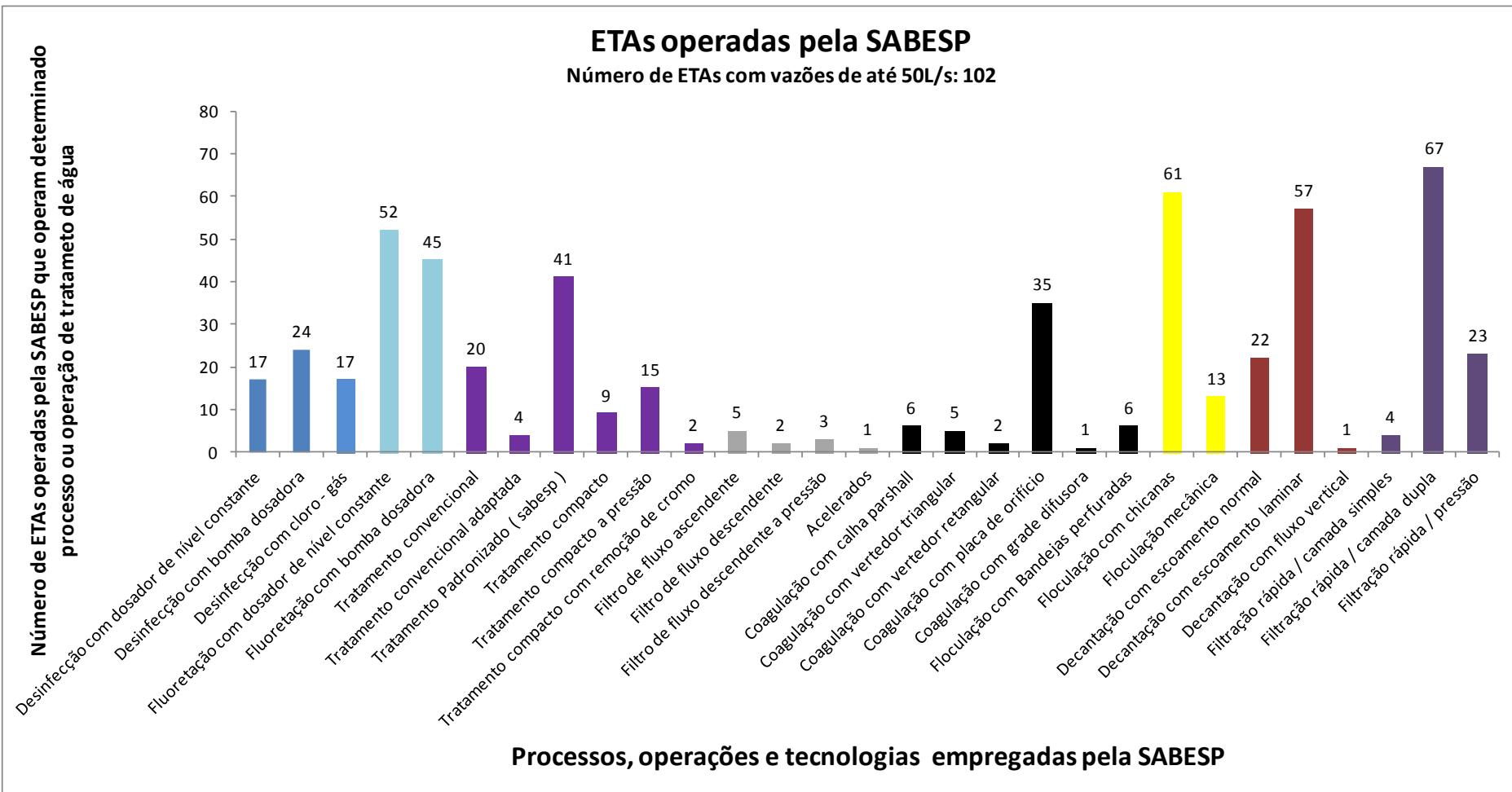


Figura 31. Processos, operações e tecnologias empregadas pela SABESP em sistemas com vazões de até 50L/s

Destaca-se que a SABESP não indicou, na informação fornecida, a definição das nomenclaturas por eles utilizadas, tal como o significado específico das tecnologias denominadas de “tratamento convencional adaptado”, “tratamento compacto”, “tratamento padronizado (SABESP)” e “Acelerados”; assim, foram realizas algumas suposições e exclusões de técnicas mencionadas.

Tabela 9. Renomeações das tecnologias da SABESP de acordo com a nomenclatura utilizada na pesquisa

Classificação da SABESP	Classificação utilizada na pesquisa
Desinfecção com dosador de nível constante	Não há correspondência
Desinfecção com bomba dosadora	Não há correspondência
Desinfecção com cloro - gás	Desinfecção com cloro gasoso
Fluoretação com dosador de nível constante	Fluoração
Fluoretação com bomba dosadora	
Tratamento convencional	Tratamento convencional (ciclo completo)
Tratamento convencional adaptado	
Tratamento Padronizado (SABESP)	
Tratamento compacto	
Tratamento compacto a pressão	Não há correspondência
Tratamento compacto com remoção de cromo	Não há correspondência
Tratamento desmineralizador	Não há correspondência
Filtro de fluxo ascendente	Filtração direta ascendente
Filtro de fluxo descendente	Filtração direta descendente
Filtro de fluxo descendente a pressão	Não há correspondência
Acelerados	
Coagulação com calha parshall	Mistura rápida hidráulica por vertedor Parshall
Coagulação com vertedor triangular	Mistura rápida hidráulica por vertedor (retangulares, triangulares, etc.)
Coagulação com placa de orifício	Não há correspondência
Coagulação com grade difusora	Não há correspondência
Flocação com Bandejas perfuradas	Não há correspondência
Flocação com chicanas	Flocação hidráulica utilizando chicanas
Flotação mecânica	Flocação mecanizada
Decantação com escoamento normal	Decantador convencional
Decantação com escoamento laminar	Decantador de alta taxa
Decantação com fluxo horizontal	Clarificadores de manto de lodo
Decantação com fluxo vertical	
Filtração rápida / camada simples	Filtração rápida
Filtração rápida / camada dupla	
Filtração rápida / pressão	
Filtração lenta	Filtração lenta

Os dados da SABESP com nova nomenclatura são apresentados na Figura 32.

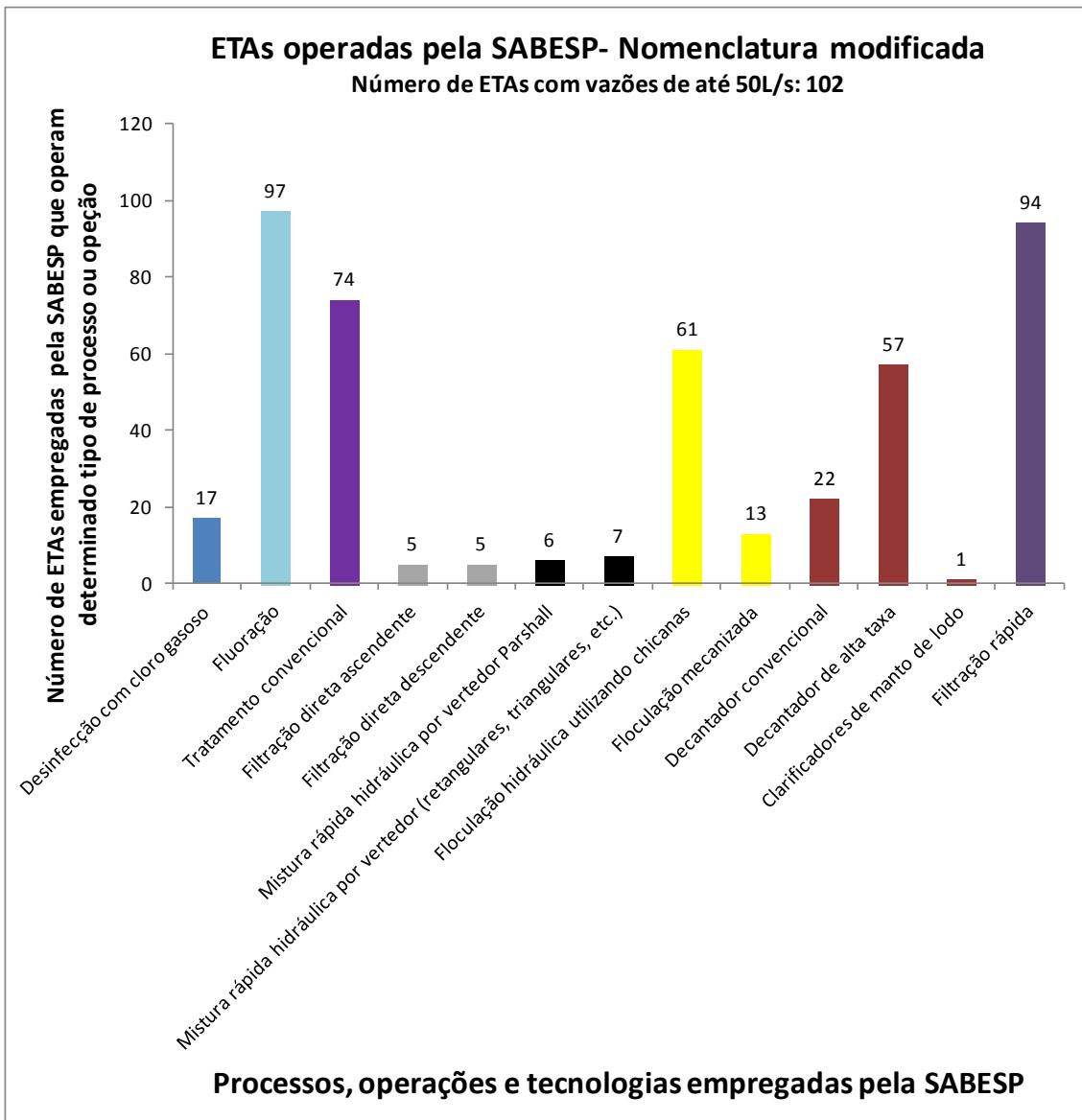


Figura 32. Processos e operações de ETAs com vazão até 50L/s conforme nova nomenclatura

O Índice<sub>1</sub> foi calculado a partir da nova nomenclatura, tal como apresentado abaixo:

Índice<sub>1</sub> = tipo de processo, operação ou tecnologia de tratamento utilizada pela SABESP/número de ETAs consultadas. v

A Figura 33 apresenta os resultados obtidos. Verifica-se que a SABESP não possui ETAs com filtração lenta e que o tratamento por ciclo completo (convencional) é o mais utilizado.

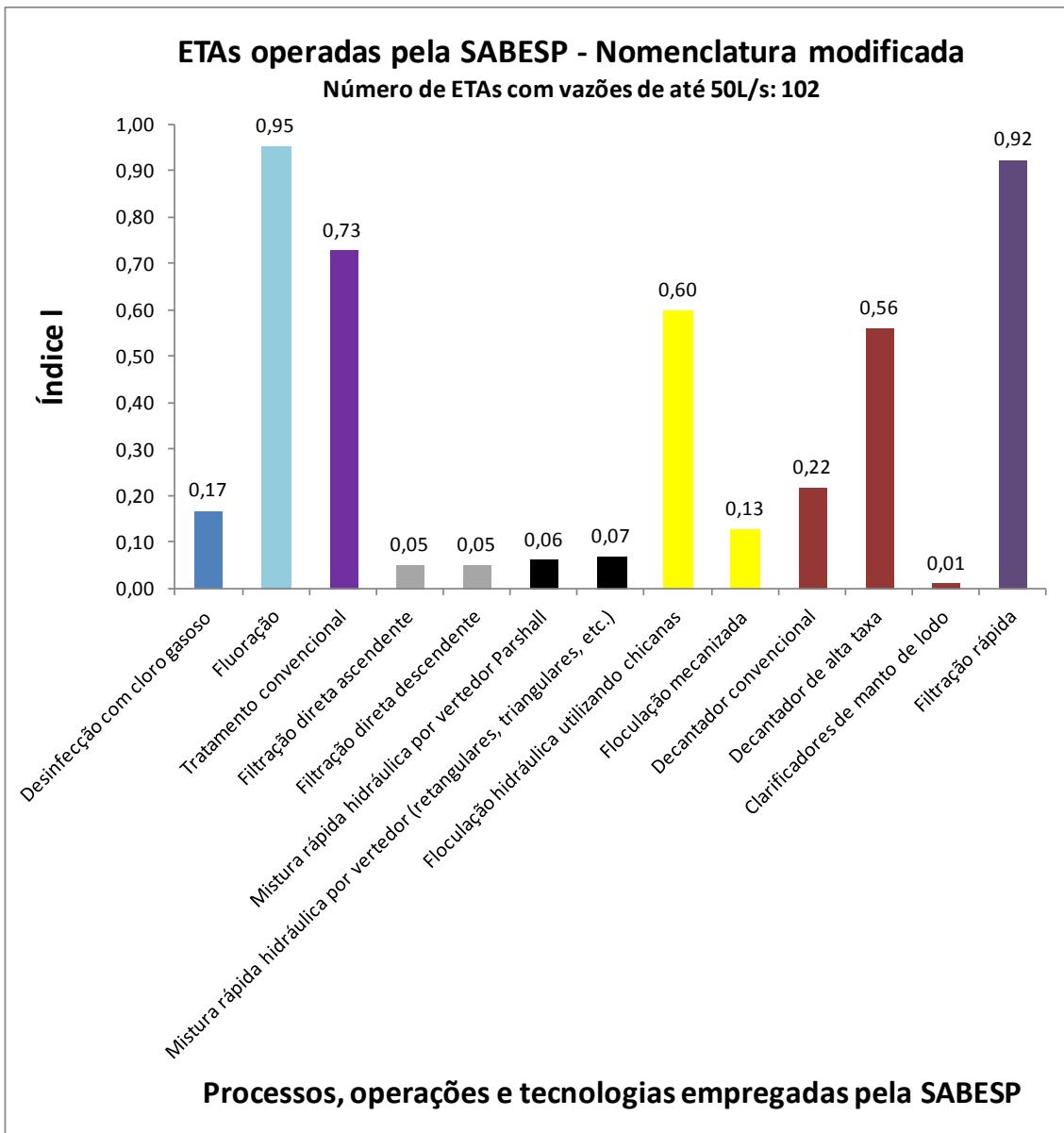


Figura 33. Índice  $I_1$  para os processos, operações e tecnologias operadas pela SABESP

#### **5.1.9. Considerações em relação aos índices**

Vale ressaltar que para nenhum dos peritos consultados foi realizada a segunda rodada do método Delphi. Isso se deu em função da similaridade das respostas, as quais podem ser justificadas pela possível semelhança de perfil, formação e idade dentre os professores consultados, caracterizando em um grupo homogêneo de opiniões.

Ademais, de modo geral, tal semelhança também pode ser observada entre os demais índices, o que pode ser explicado devido ao ensino de determinadas técnicas pelos professores de universidades brasileiras e a aprendizagem dos mesmos processos e operações pelos

futuros engenheiros de consultorias e Companhias de Saneamento Básico, inclusive, resultando em semelhanças com os resultados obtidos com as grades curriculares avaliadas. Contudo, apesar de os setores pesquisados estarem correlacionados, tal fato não invalida os diferentes índices calculados, pelo fato de a formação de um profissional não estar somente ligada ao seu aprendizado acadêmico, mas por ser também composto por experiências profissionais, cursos de profissionalização e demais estudos específicos recorrente de cada setor consultado.

A partir de uma análise generalizada dos resultados, também se verificou o que os índices relacionados à tecnologia de ciclo completo apresentaram-se mais elevados, posteriormente a filtração direta descendente em seguida da filtração direta ascendente. Tal resultado também foi encontrado na análise das ementas das disciplinas, fato o qual pode justificar a alta recomendação dessas tecnologias, haja vista que os futuros engenheiros estarão mais aptos a projetar as técnicas aprendidas durante sua formação profissional, tanto na graduação como na pós-graduação.

Verificou-se também que os peritos em tratamento de água apresentaram índices mais elevados, quando comparado com outros setores questionados, isso pode ser explicado pela facilidade desses profissionais em implantar inúmeros tipos de técnicas de tratamento de água, o que ocasiona na elevação do grau de recomendação de vários processos e operações. Já as consultorias apresentaram-se mais restritivas a inúmeras técnicas de tratamento de água, fato o qual pode ser justificado pela avaliação de custo de implementação de certas tecnologias, o que limita a utilização de algumas técnicas em curto prazo. Destaca-se o pequeno espaço amostral correspondente aos questionários respondido pelas consultorias, o que torna os resultados desse índice menos representativos.

A partir da análise dos cenários 1 e 2, nota-se que quando as companhias de saneamento são responsáveis por operar e realizar a manutenção da ETA (Suposição 2), um número mais elevado de técnicas são recomendadas, ao contrário de quando a própria comunidade é responsável pela ETA (Suposição 1), o que acarreta em uma maior restrição das operações e processos a serem empregadas. Isso pode ser explicado pelo grau de capacitação de mão de obra e os requerimentos tecnológicos necessários para operar determinadas técnicas, o que impede que uma pequena comunidade se alto gerencie em alguns requisitos. Desse modo, técnicas hidráulicas, e não mecanizadas, são mais recomendadas para a Suposição 1, conjuntamente àquelas que não exigem grande precisão e capacitação em sua operação e manutenção.

A Tabela 10 apresenta o resumo dos índices calculados.

Tabela 10. Resumo dos índices calculados - continua

Índice*	Índice A	Índice B	Suposição 1				Suposição 2				Índice L
			Índice C	Índice D	Índice E	Índice F	Índice G	Índice H	Índice I	Índice J	
Tipo de setor avaliado	Graduação	Pós-Graduação	Prof. Água	Prof. Saneamento	Consultorias	Eng. CSBs	Prof. Água	Prof. Saneamento	Consultorias	Eng. CSBs	SABESP
Número de peritos que responderam ao questionário/ universidades consultadas/ número de ETAS avaliadas	32	10	11	10	2	5	12	9	2	5	102
Processos e operações de tratamento											
<b>Coagulação e mistura rápida</b>	0,94	0,82	1,00	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
<b>Mistura rápida mecanizada</b>	0,19	0,09	0,00	0,20	0,00	0,20	0,42	0,44	0,00	0,80	
Mistura rápida mecanizada por câmara de mistura + agitador	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,42	0,33	0,00	0,60	
<b>Mistura rápida hidráulica</b>	0,16	0,09	1,00	0,80	1,00	0,80	0,92	1,00	1,00	1,00	
Mistura rápida hidráulica por vertedor (retangulares, triangulares, etc.)	0,00	0,00	0,82	0,50	0,50	0,60	0,83	0,56	0,50	1,00	0,07
Mistura rápida hidráulica por vertedor Parshall	0,03	0,00	1,00	0,80	1,00	0,80	0,92	0,89	1,00	1,00	0,06
Mistura rápida hidráulica por injetores	0,00	0,00	0,36	0,10	0,00	0,20	0,50	0,33	0,00	0,40	
Mistura rápida hidráulica por malha de fios redondos	0,00	0,00	0,36	0,10	0,00	0,20	0,42	0,33	0,00	0,40	
<b>Mistura rápida especial</b>	0,00	0,00	0,09	0,20	0,00	0,40	0,25	0,44	0,00	0,40	
Mistura rápida por misturadores estáticos	0,00	0,00	0,27	0,00	0,00	0,40	0,25	0,33	0,00	0,40	
Mistura rápida por misturadores em linha	0,00	0,00	0,18	0,10	0,00	0,40	0,25	0,33	0,00	0,40	
Mistura rápida por difusores	0,00	0,00	0,27	0,10	0,00	0,20	0,25	0,33	0,00	0,20	
<b>Floculação e mistura lenta</b>	0,88	0,82	1,00	0,90	1,00	1,00	1,00	0,89	1,00	1,00	
<b>Floculação Hidráulica</b>	0,09	0,09	1,00	0,70	1,00	1,00	0,92	0,78	1,00	1,00	
Floculação hidráulica utilizando chicanas horizontais	0,00	0,00	0,64	0,70	0,50	1,00	0,67	0,67	1,00	1,00	
Floculação hidráulica utilizando chicanas verticais	0,00	0,00	0,91	0,60	0,50	1,00	0,83	0,56	0,50	1,00	0,6
Floculação hidráulica por meio granular	0,00	0,00	0,18	0,10	0,50	0,20	0,25	0,22	0,50	0,60	
Floculação hidráulica helicoidal	0,00	0,00	0,45	0,00	0,00	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	
Floculação hidráulica tipo Alabama	0,00	0,00	0,82	0,40	0,50	0,60	0,83	0,33	0,50	0,60	
<b>Floculação Mecanizada</b>	0,13	0,09	0,27	0,30	0,00	0,00	0,67	0,78	0,50	0,60	0,13
Floculação mecanizada com câmara de mistura + agitador vertical	0,00	0,00	0,27	0,30	0,00	0,00	0,58	0,78	0,50	0,60	
Floculação mecanizada com câmara de mistura + agitador horizontal	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,33	0,11	0,00	0,20	
Floculadores alternativos (walking-beam)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	
<b>Decantação</b>	1,00	0,82	1,00	1,00	1,00	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00	
Decantador convencional (sem placas ou dutos)	0,16	0,27	1,00	0,90	0,50	0,80	0,83	0,78	0,50	0,80	0,22
Decantador de alta taxa (com placas ou dutos)	0,16	0,27	0,82	0,40	0,50	0,60	0,92	0,56	1,00	0,80	0,56
Clarificadores de manto de lodos	0,00	0,00	0,18	0,30	0,00	0,20	0,33	0,44	0,00	0,40	0,01
<b>Flotação</b>	0,28	0,55	0,09	0,10	0,00	0,00	0,50	0,11	0,50	0,80	
Flotação eletrostática	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	
Flotação por ar disperso	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	
Flotação por ar dissolvido	0,13	0,09	0,18	0,10	0,00	0,00	0,50	0,22	0,50	0,80	
<b>Filtragem</b>	1,00	0,91	0,91	0,80	1,00	1,00	0,92	1,00	1,00	1,00	
Filtro ascendente em pedregulho (utilizado na tecnologia de DF)	0,06	0,00	0,64	0,40	0,00	0,80	0,75	0,56	0,50	0,80	
Filtro ascendente em areia grossa (utilizado nas tecnologias de DF e FDA)	0,09	0,00	0,73	0,30	0,50	0,80	0,83	0,44	0,50	1,00	
Filtro rápido descendentes a taxa constante	0,41	0,27	1,00	0,70	0,50	0,40	0,92	0,78	0,50	0,80	
Filtro rápidos descendentes a taxa declinante	0,38	0,27	0,73	0,40	1,00	0,80	0,83	0,67	1,00	0,80	0,92
Filtro lento descendente	0,31	0,18	0,55	0,70	0,50	0,60	0,67	0,67	0,50	0,60	
Pré-filtro dinâmico em pedregulho (usado na tecnologia de FiME)	0,06	0,00	0,73	0,40	0,00	0,60	0,75	0,44	0,00	0,60	
Pré-filtro vertical ascendente em pedregulho (usado na tecnologia de FiME)	0,06	0,00	0,64	0,40	0,00	0,60	0,67	0,33	0,00	0,60	
<b>Desinfecção</b>	0,94	0,73	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Desinfecção por agentes químicos	0,19	0,09	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Desinfecção com cloro gasoso	0,09	0,09	0,55	0,20	0,00	0,40	0,75	0,33	0,50	0,80	0,17
Desinfecção com hipoclorito (sódio ou cálcio)	0,03	0,00	0,91	0,90	1,00	1,00	0,92	0,89	1,00	1,00	
Desinfecção com ozônio	0,09	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,11	0,00	0,20	
Desinfecção com cloramina	0,06	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,17	0,22	0,00	0,00	

Tabela 10. Resumo dos índices calculados – continuação

Índice*	Índice A	Índice B	Suposição 1				Suposição 2				Índice L
			Índice C	Índice D	Índice E	Índice F	Índice G	Índice H	Índice I	Índice J	
Tipo de setor avaliado	Graduação	Pós-Graduação	Prof. Água	Prof. Saneamento	Consultorias	Eng. CSBs	Prof. Água	Prof. Saneamento	Consultorias	Eng. CSBs	SABESP
Número de peritos que responderam ao questionário/ universidades consultadas/ número de ETAS avaliadas	32	10	11	10	2	5	12	9	2	5	102
Processos e operações de tratamento											
Desinfecção com dióxido de cloro	0,06	0,09	0,36	0,00	0,00	0,20	0,42	0,11	0,00	0,60	
Desinfecção com permanganato de potássio	0,00	0,00	0,27	0,00	0,00	0,20	0,25	0,11	0,00	0,20	
<b>Desinfecção por agentes físicos</b>	<b>0,03</b>	<b>0,09</b>	<b>0,27</b>	<b>0,30</b>	<b>0,50</b>	<b>0,60</b>	<b>0,50</b>	<b>0,33</b>	<b>0,50</b>	<b>0,60</b>	
Desinfecção com radiação ultravioleta	0,03	0,09	0,09	0,10	0,00	0,00	0,50	0,33	0,00	0,20	
Desinfecção com radiação solar	0,00	0,00	0,36	0,30	0,50	0,60	0,33	0,22	0,50	0,60	
Desinfecção com calor	0,00	0,00	0,18	0,20	0,50	0,00	0,17	0,22	0,50	0,20	
<b>Ajuste de pH</b>	<b>0,16</b>	<b>0,00</b>	<b>0,91</b>	<b>0,70</b>	<b>1,00</b>	<b>0,60</b>	<b>0,92</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>0,60</b>	
<b>Fluoração ou Fluoretação</b>	<b>0,41</b>	<b>0,09</b>	<b>0,91</b>	<b>0,80</b>	<b>1,00</b>	<b>0,40</b>	<b>0,92</b>	<b>0,89</b>	<b>1,00</b>	<b>0,80</b>	<b>0,95</b>
<b>Oxidação</b>	<b>0,13</b>	<b>0,55</b>	<b>0,64</b>	<b>0,10</b>	<b>0,50</b>	<b>0,80</b>	<b>0,75</b>	<b>0,33</b>	<b>0,50</b>	<b>1,00</b>	
Oxidação com cloro gasoso	0,06	0,09	0,55	0,00	0,00	0,20	0,58	0,22	0,50	0,60	
Oxidação com ozônio	0,03	0,09	0,09	0,00	0,00	0,00	0,25	0,11	0,00	0,20	
Oxidação com dióxido de cloro	0,03	0,00	0,27	0,00	0,00	0,20	0,42	0,00	0,00	0,60	
Oxidação com peróxido de hidrogênio	0,00	0,09	0,18	0,00	0,00	0,20	0,25	0,11	0,50	0,20	
Oxidação com permanganato de potássio	0,03	0,09	0,36	0,10	0,00	0,40	0,33	0,22	0,00	0,60	
Oxidação com radiação ultravioleta	0,00	0,09	0,09	0,00	0,00	0,00	0,33	0,11	0,00	0,00	
<b>Adsorção</b>	<b>0,16</b>	<b>0,45</b>	<b>0,55</b>	<b>0,30</b>	<b>0,00</b>	<b>0,60</b>	<b>0,67</b>	<b>0,44</b>	<b>0,50</b>	<b>0,80</b>	
Adsorção com carvão ativado granular - CAG	0,00	0,00	0,18	0,20	0,00	0,40	0,42	0,33	0,00	0,60	
Adsorção com carvão ativado em pó - CAP	0,00	0,00	0,55	0,10	0,00	0,40	0,75	0,33	0,50	0,40	
<b>Membranas</b>	<b>0,16</b>	<b>0,18</b>	<b>0,18</b>	<b>0,10</b>	<b>0,00</b>	<b>0,40</b>	<b>0,33</b>	<b>0,11</b>	<b>0,00</b>	<b>0,40</b>	
Osmose Reversa	0,06	0,09	0,09	0,20	0,00	0,20	0,33	0,11	0,00	0,20	
Ultrafiltração	0,06	0,09	0,18	0,10	0,00	0,20	0,25	0,11	0,00	0,40	
Nanofiltração	0,03	0,09	0,18	0,10	0,00	0,00	0,25	0,11	0,00	0,00	
Microfiltração	0,06	0,09	0,18	0,10	0,00	0,20	0,33	0,11	0,00	0,20	
Eletrodialise	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	
<b>Troca iônica</b>	<b>0,13</b>	<b>0,09</b>	<b>0,09</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,20</b>	<b>0,08</b>	<b>0,11</b>	<b>0,00</b>	<b>0,20</b>	
Aeração	0,09	0,09	0,82	0,50	0,50	0,60	0,83	0,44	0,50	0,60	
Aeradores de queda por gravidade (cascata e tabuleiros)	0,00	0,00	0,91	0,50	0,50	0,60	0,92	0,44	0,50	0,60	
Aeradores de repuxo	0,00	0,00	0,27	0,00	0,00	0,20	0,25	0,11	0,00	0,20	
Aeradores por burbulhamento	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,20	0,25	0,22	0,00	0,20	
<b>Precipitação química</b>	<b>0,16</b>	<b>0,00</b>	<b>0,64</b>	<b>0,20</b>	<b>0,00</b>	<b>0,40</b>	<b>0,75</b>	<b>0,44</b>	<b>0,00</b>	<b>0,60</b>	
Remoção de dureza (utilizando cal ou outro alcalinizante)	0,00	0,00	0,73	0,20	0,00	0,40	0,75	0,44	0,00	0,60	
<b>Tecnologias de Tratamento de</b>											
<b>Filtração Direta Descendente</b>	<b>0,16</b>	<b>0,36</b>	<b>0,64</b>	<b>0,80</b>	<b>1,00</b>	<b>0,60</b>	<b>0,75</b>	<b>0,89</b>	<b>1,00</b>	<b>0,60</b>	<b>0,05</b>
Filtração Direta Ascendente	0,09	0,36	0,64	0,60	0,50	0,80	0,75	0,67	0,50	1,00	0,05
Dupla Filtração	0,09	0,18	0,64	0,50	0,00	0,80	0,75	0,67	0,50	1,00	
Filtração em Múltiplas Etapas	0,09	0,18	0,73	0,40	0,00	0,60	0,75	0,56	0,00	0,60	
Floto-filtração	0,09	0,09	0,27	0,10	0,00	0,20	0,33	0,33	0,00	0,80	
Ciclo Completo	0,16	0,18	1,00	0,60	0,50	0,80	1,00	0,67	1,00	1,00	0,73

\* Índice K utilizou as dados do IBGE relativos a 2598 ETAS avaliadas, das quais obteve-se o valor do índice de 0,6 para o Tratamento convencional, 0,11 para Tratamento não convencional e 0,37 para Simples desinfecção

## 5.2. Ajuste do modelo

As Tabelas 11 e 12 apresentam o novo modelo ajustado, conforme os índices inicialmente propostos por Sabogal Paz (2010) e os incluídos nesta pesquisa.

**Tabela 11. Fatores, variáveis e indicadores de seleção considerando a institucionalização dentro do processo de transferência de tecnologias quando o sistema é operado pela comunidade.**

Fatores	Variáveis	Indicadores (*)
Conhecimento da tecnologia no setor;  Capacidade de o engenheiro projetista idealizar e construir a tecnologia.	Processos e operações de tratamento de água que são ensinados nas universidades	<p>Índice<sub>a</sub> = número de universidades que ensinam, na graduação, o processo, operação ou tecnologia de tratamento de água/ número de universidades pesquisadas.</p> <p>Índice<sub>b</sub> = número de universidades que ensinam, na pós-graduação, o processo, operação ou tecnologia de tratamento de água/ número de universidades pesquisadas.</p>
	Consulta aos peritos, empresas de consultoria e engenheiros de empresas de saneamento.	<p>Índice<sub>c</sub> = Número de peritos em tratamento de água que recomendaram o processo, operação ou tecnologia de tratamento de água/total de peritos em tratamento de água pesquisados.</p> <p>Índice<sub>d</sub> = Número de peritos em saneamento que recomendaram o processo, operação ou tecnologia de tratamento de água/total de peritos em saneamento pesquisados.</p> <p>Índice<sub>e</sub> = Número de empresas de consultorias que recomendam o processo, operação ou tecnologia de tratamento de água/total de empresas consultadas.</p> <p>Índice<sub>f</sub> = Número de engenheiros das companhias de saneamento que recomendam o processo, operação ou tecnologia de tratamento de água/total de engenheiros consultados.</p>

Nível de institucionalização - NI = A.índice<sub>a</sub> + B.índice<sub>b</sub> + C.índice<sub>c</sub> + D.índice<sub>d</sub> + E.índice<sub>e</sub> + F.índice<sub>f</sub>

Em que  $A + B + C + D + E + F = 1,0$  e  $0,0 \leq NI \leq 1,0$ .

**Tabela 12. Fatores, variáveis e indicadores de seleção considerando a institucionalização no processo de transferência de tecnologias quando o sistema é operado pelas Companhias de Saneamento.**

Fatores	Variáveis	Indicadores (*)
Conhecimento da tecnologia no setor;  Capacidade de o engenheiro projetista idealizar e construir a tecnologia.	Processos e operações de tratamento de água que são ensinados nas universidades	<p>Índice<sub>a</sub> = número de universidades que ensinam, na graduação, o processo, operação ou tecnologia de tratamento de água/ número de universidades pesquisadas.</p> <p>Índice<sub>b</sub> = número de universidades que ensinam, na pós-graduação, o processo, operação ou tecnologia de tratamento de água/ número de universidades pesquisadas.</p>
	Consulta os peritos, empresas de consultoria e engenheiros de empresas de saneamento.	<p>Índice<sub>g</sub> = Número de peritos em tratamento de água que recomendaram o processo, operação ou tecnologia de tratamento de água/total de peritos em tratamento de água pesquisados.</p> <p>Índice<sub>h</sub> = Número de peritos em saneamento que recomendaram o processo, operação ou tecnologia de tratamento de água/total de peritos em saneamento pesquisados.</p> <p>Índice<sub>i</sub> = Número de empresas de consultorias que recomendam o processo, operação ou tecnologia de tratamento de água/total de empresas consultadas.</p> <p>Índice<sub>j</sub> = Número de engenheiros das companhias de saneamento que recomendam o processo, operação ou tecnologia de tratamento de água/total de engenheiros consultados.</p>

Nível de institucionalização - NI = A.índice<sub>a</sub> + B.índice<sub>b</sub> + G.índice<sub>g</sub> + H.índice<sub>h</sub> + I.índice<sub>i</sub> + J.índice<sub>j</sub>

Em que A + B + G + H + I + J = 1,0 e 0,0 ≤ NI ≤ 1,0.

A variável “utilização de determinados processo e operações de tratamento em ETAs construídas” do modelo original de Sabogal Paz (2010) não pode ser incluída no cálculo do nível de institucionalização em função da incompatibilidade de classificação, tanto por parte do PNSB (2008) com da SABESP, em relação às terminologias empregadas nesta pesquisa.

Não obstante, os dados obtidos pelo PNSB (2008) e pela SABESP foram considerados na comparação dos resultados do nível de institucionalização com a realidade de ETAs construídas. Tal análise viabiliza a validação do método e proporcionará o diagnóstico da relação entre a real implantação dos determinados tipos de tratamento de água com o nível de institucionalização das tecnologias.

O modelo original também foi modificado nas unidades dos índices, os quais ao invés de determinarem o grau institucionalização por meio de porcentagens apenas os representam numericamente, para que a ponderação final seja sempre inferior a 1.

Novos índices foram adicionados ao método para dar maior confiabilidade. Tal como, a inserção da análise das grades curriculares da pós-graduação, a qual serviu de suporte aos valores advindos das ementas da graduação, haja vista que inúmeras universidades não disponibilizam a grade curricular na Internet. Houve também a recomendação, não somente dos peritos em tratamento de água e saneamento, mas também de engenheiros de empresas de consultorias e de companhias de saneamento básico.

A inserção de um índice relacionado à opinião dos tecnólogos também seria interessante, a fim de se verificar o grau de institucionalização das tecnologias conhecidas por esses profissionais, pelo fato desses serem, na maior parte das vezes, os responsáveis por operar as ETAs. Contudo, como o contato com esses profissionais é difícil, pois o questionamento deveria ser realizado pessoalmente, não foi incluído este índice na pesquisa, mas recomenda-se que essa variável seja incluída em futuras aplicações do método.

Uma análise regional dos dados obtidos também seria interessante de ser realizada, devida a possível diferenciação das realidades regionais brasileiras. Contudo, houve uma baixa quantidade de dados advindos das regiões Norte e Nordeste, ficando a pesquisa mais relacionada à realidade do Sul e Sudeste, tanto sob a quantificação dos índices das universidades como dos peritos e a cerca da aplicação real das ETAs em Companhias de Saneamento Básico, na qual somente a SABESP enviou as informações demandadas. Assim, também se recomenda que futuras aplicações do método realizem uma análise regional, específica à área onde se desejava implantar o sistema de tratamento.

Na Tabela 13 apresenta os pesos adotados para realizar o somatório dos índices que determina o nível de institucionalização das tecnologias avaliadas. Destaca-se que a definição desses pesos não é simples.

Tabela 13. Atribuição de pesos para definir o nível de institucionalização das tecnologias

Ponderações	Valores de A a J do Nível de Institucionalização – NI					
	A	B	C ou G	D ou H	E ou I	F ou J
<b>Peso 1</b>	0,1667	0,1667	0,1667	0,1667	0,1667	0,1667
<b>Peso 2</b>	0,12	0,12	0,4	0,12	0,12	0,12
<b>Peso 3</b>	0,3	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1

Foram criados 3 tipos de análises de modo a proporcionar conclusões em relação à aplicação dos índices desenvolvidos. A Análise 1 considerou pesos iguais. A Análise 2 priorizou

a opinião dos peritos em tratamento de água devido ao alto conhecimento e experiência desses profissionais. A Análise 3 ponderou maior peso aos peritos em tratamento de água e aos conhecimentos adquiridos pelos engenheiros na graduação. As recomendações das empresas de consultorias e das companhias de saneamento obtiveram pesos menores porque foram poucos os questionários preenchidos nessas situações.

### 5.3. Avaliação das tecnologias institucionalizadas

Os resultados para os processos, operação e tecnologias de tratamento para a Suposição 1 (conforme item 5.1.3) são apresentados nas Figuras 34 a 39. No caso da Suposição 2, na qual as ETAs são operadas por companhias de saneamento básico, os resultados são indicados nas Figuras 40 a 45.



Figura 34. Nível de institucionalização conforme peso 1 para os processo, operações e tecnologias de tratamento – Suposição 1

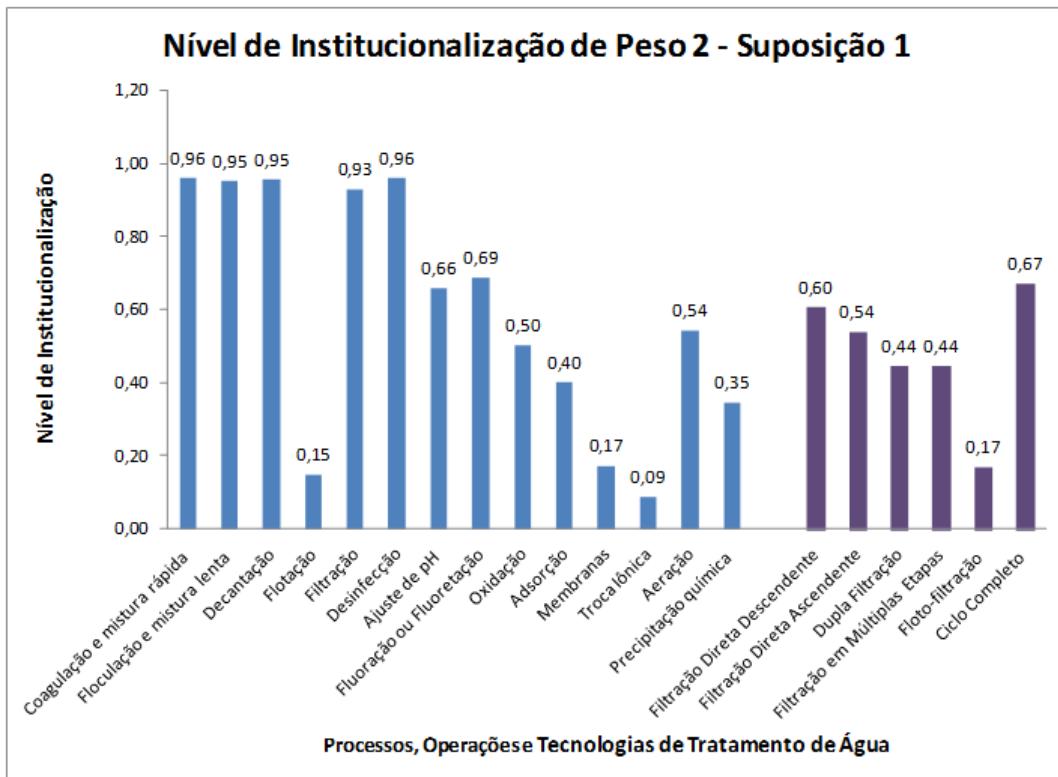


Figura 35. Nível de institucionalização conforme peso 2 para os processo, operações e tecnologias de tratamento – Suposição 1

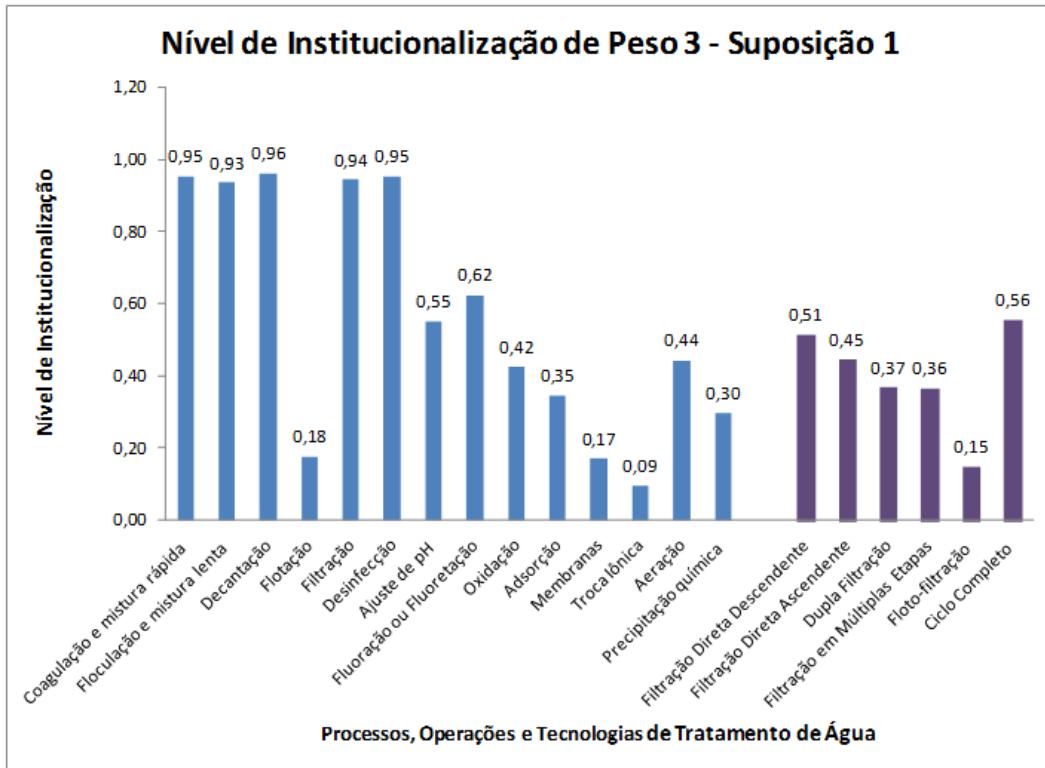


Figura 36. Nível de institucionalização conforme peso 3 para os processo, operações e tecnologias de tratamento – Suposição 1

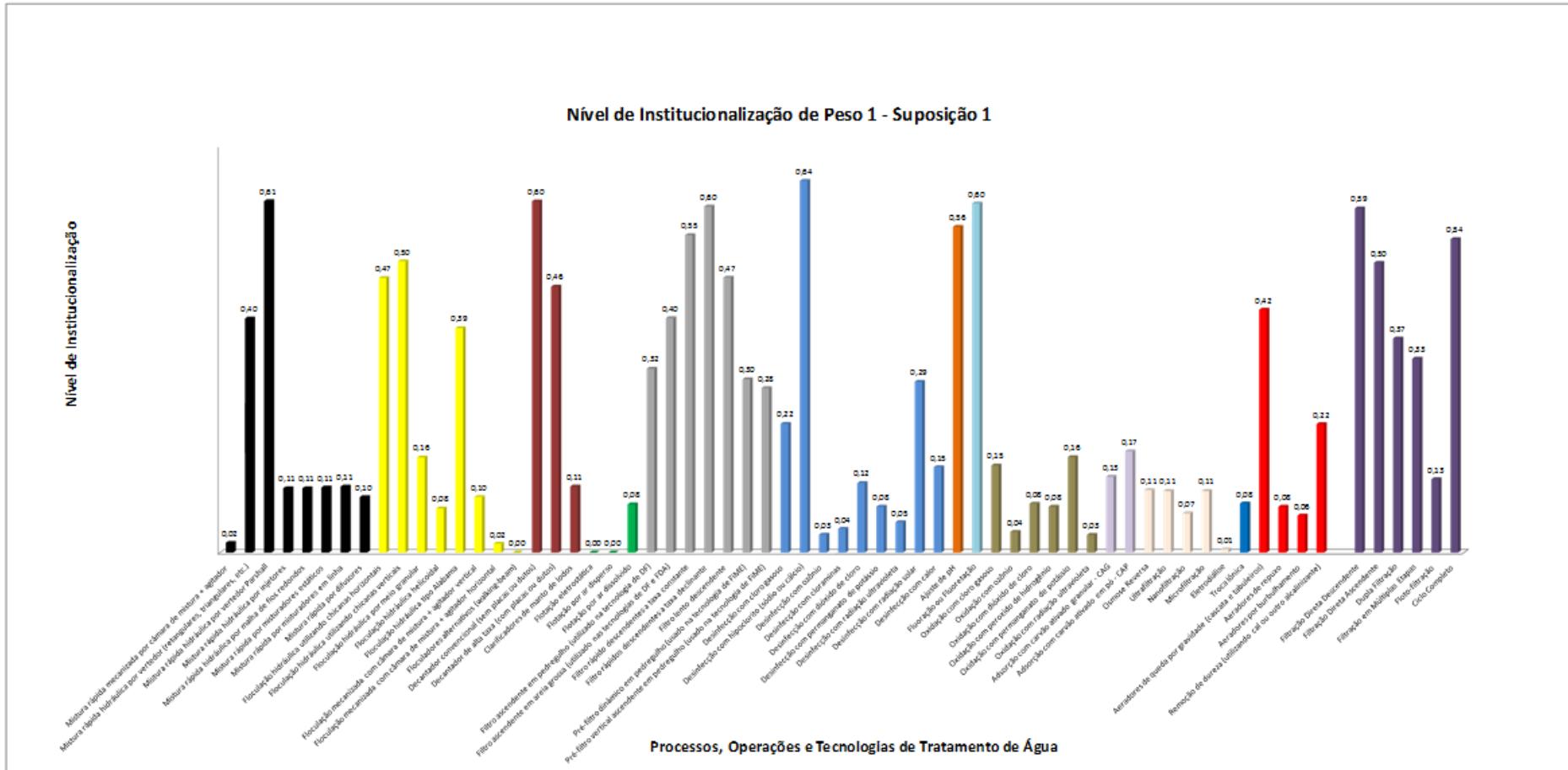


Figura 37. Nível de institucionalização conforme peso 1 para os tipos de processos, operações e tecnologias de tratamento de água – Suposição 1

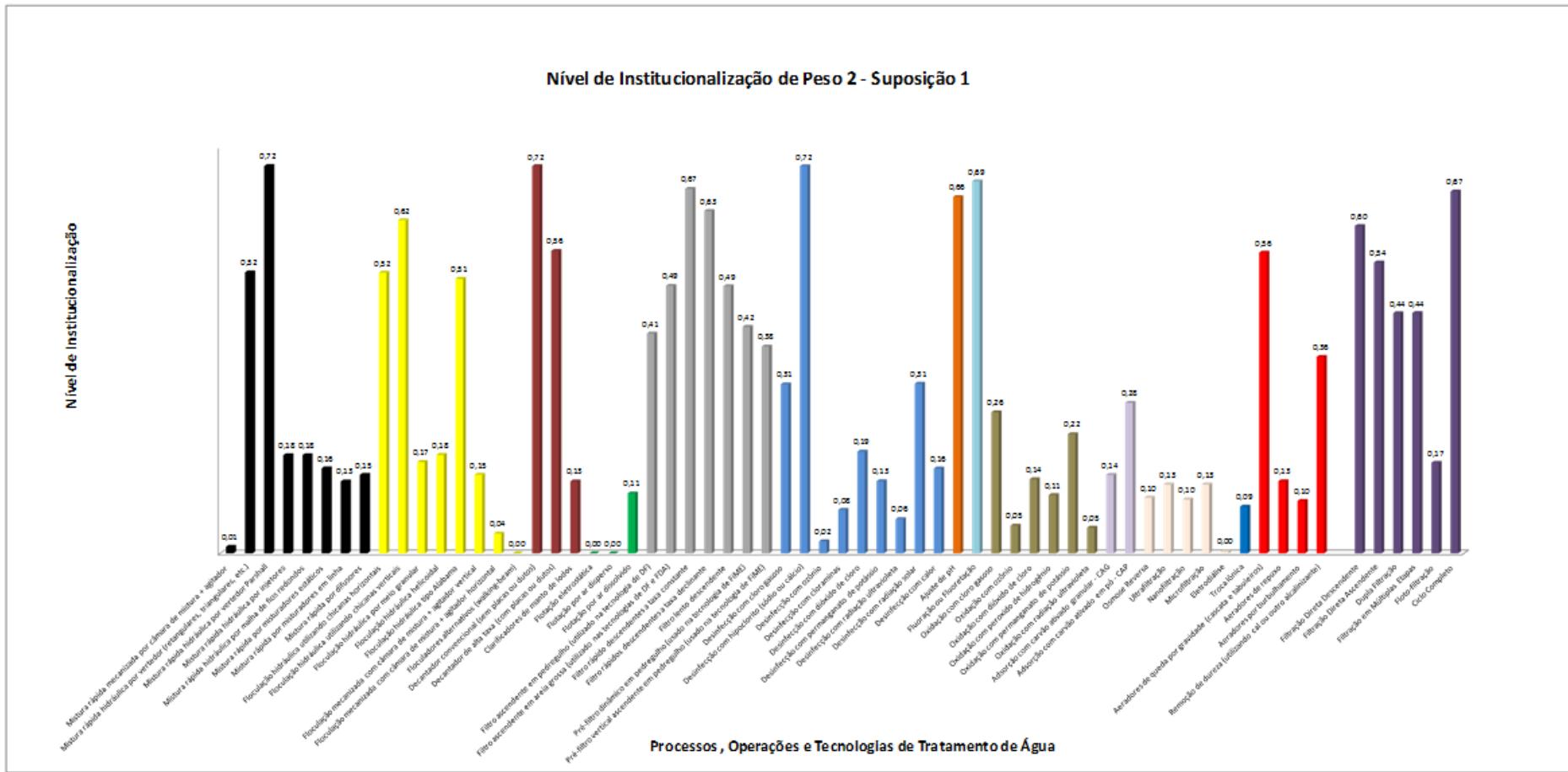


Figura 38. Nível de institucionalização conforme peso 2 para os tipos de processos, operações e tecnologias de tratamento de água – Suposição 1

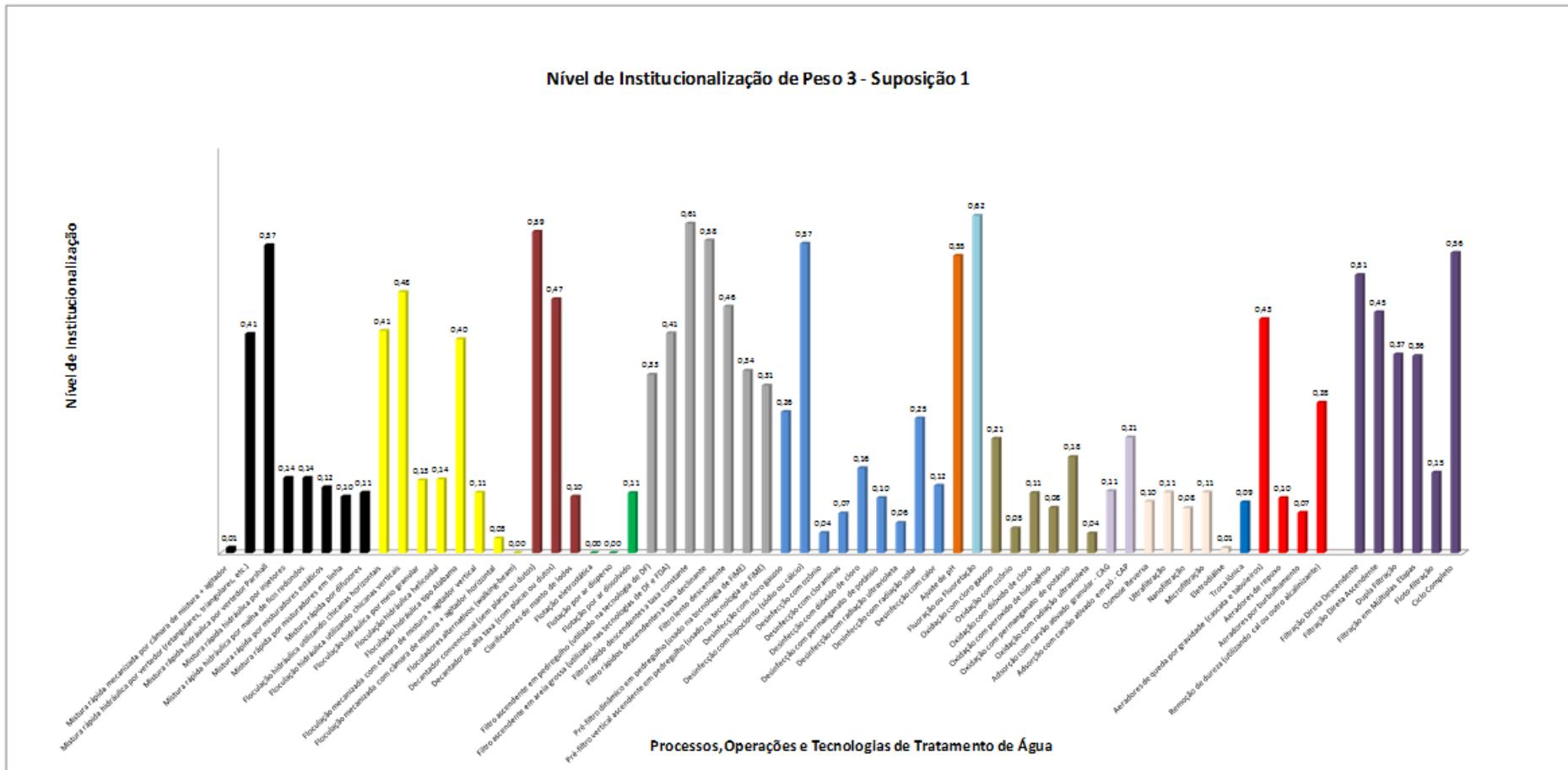


Figura 39. Nível de institucionalização conforme peso 3 para os tipos de processos, operações e tecnologias de tratamento de água – Suposição 1

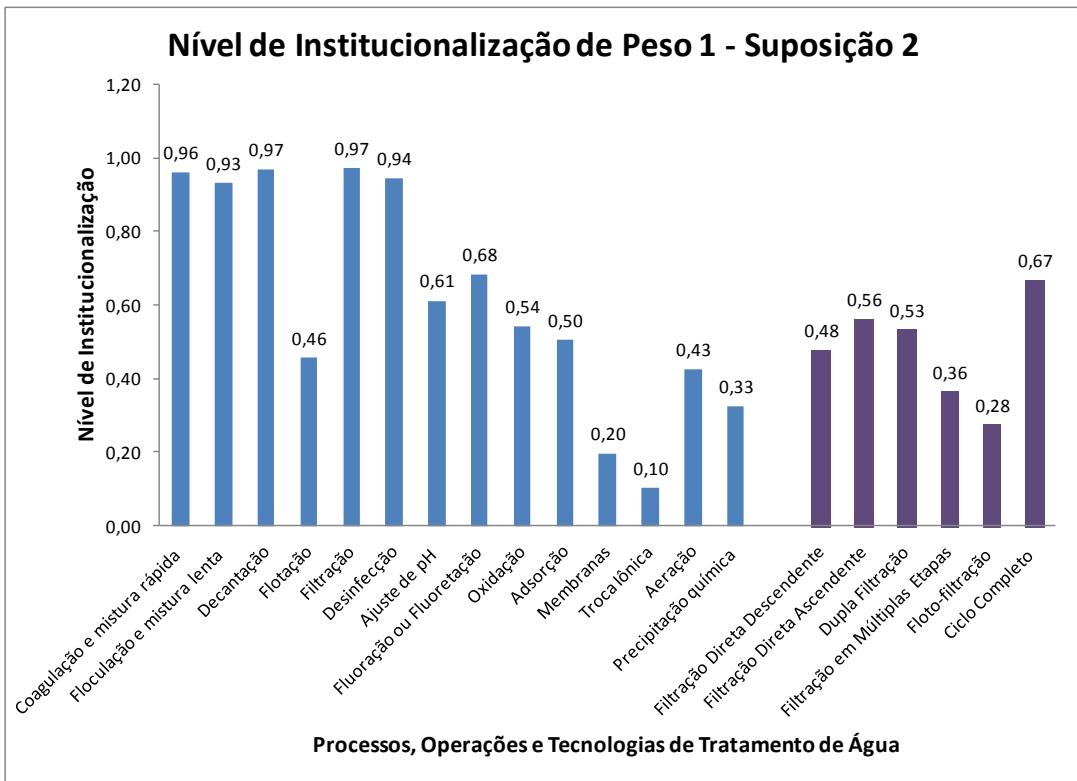


Figura 40. Nível de institucionalização conforme peso 1 para os processo, operações e tecnologias de tratamento – Suposição 2

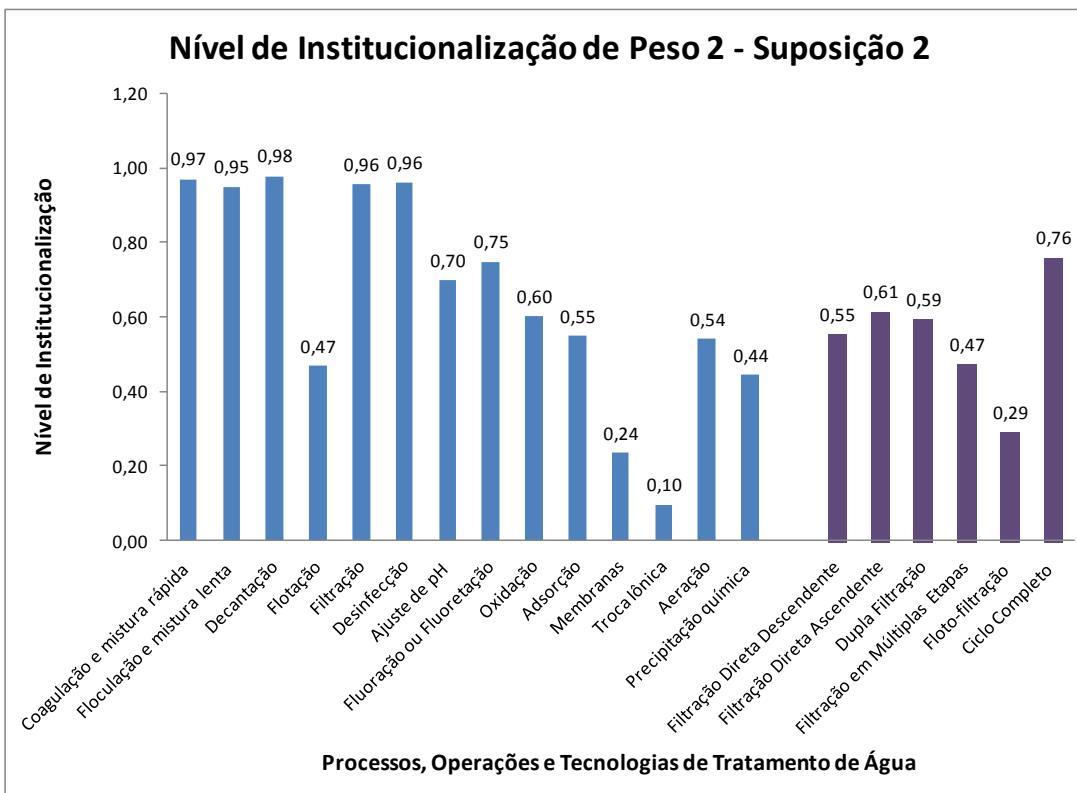


Figura 41. Nível de institucionalização conforme peso 2 para os processo, operações e tecnologias de tratamento – Suposição 2

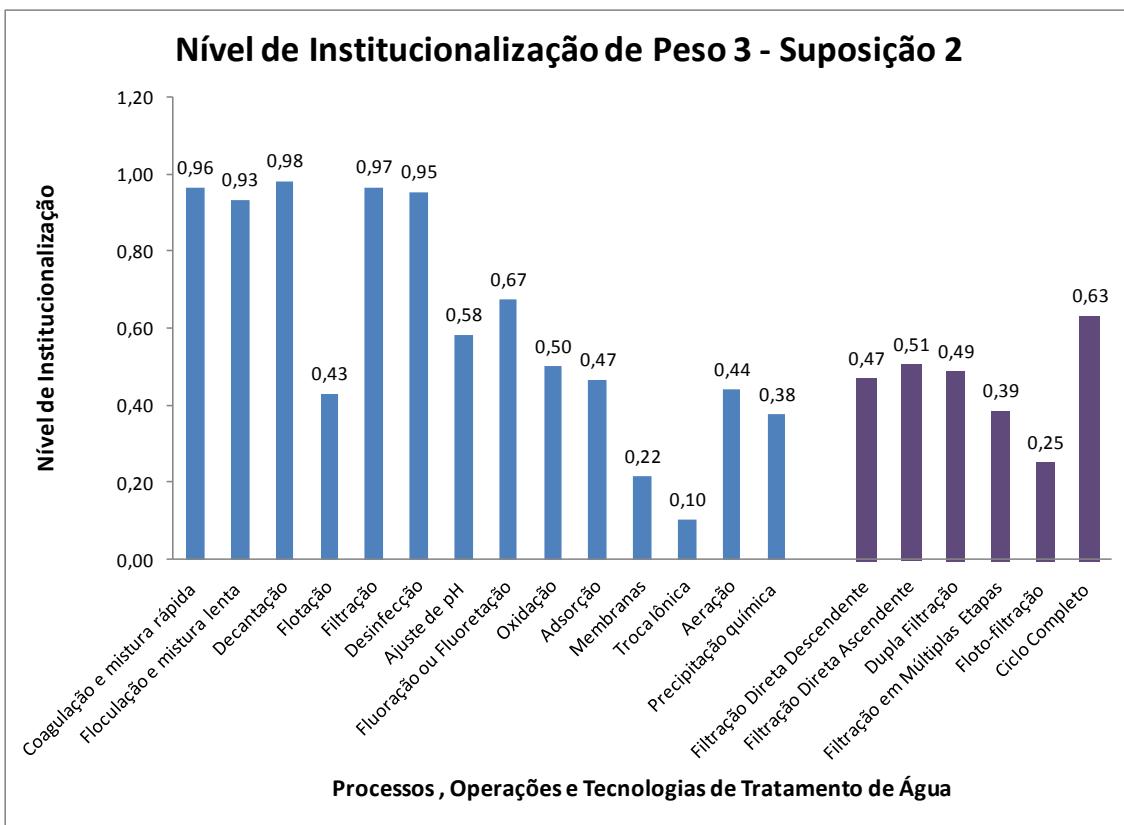


Figura 42. Nível de institucionalização conforme peso 3 para os processo, operações e tecnologias de tratamento – Suposição 2

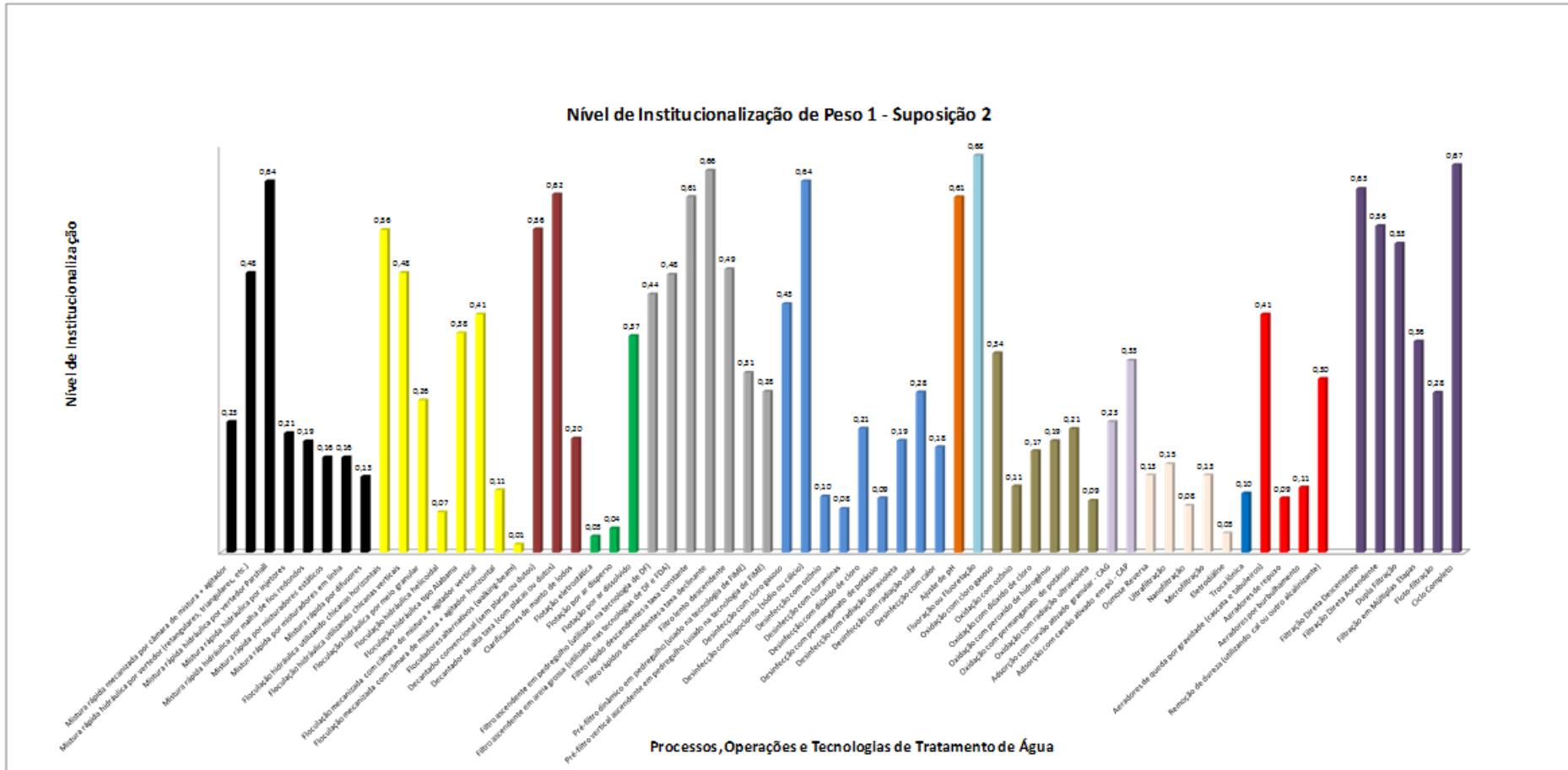


Figura 43. Nível de institucionalização conforme peso 1 para os tipos de processos, operações e tecnologias de tratamento de água – Suposição 2

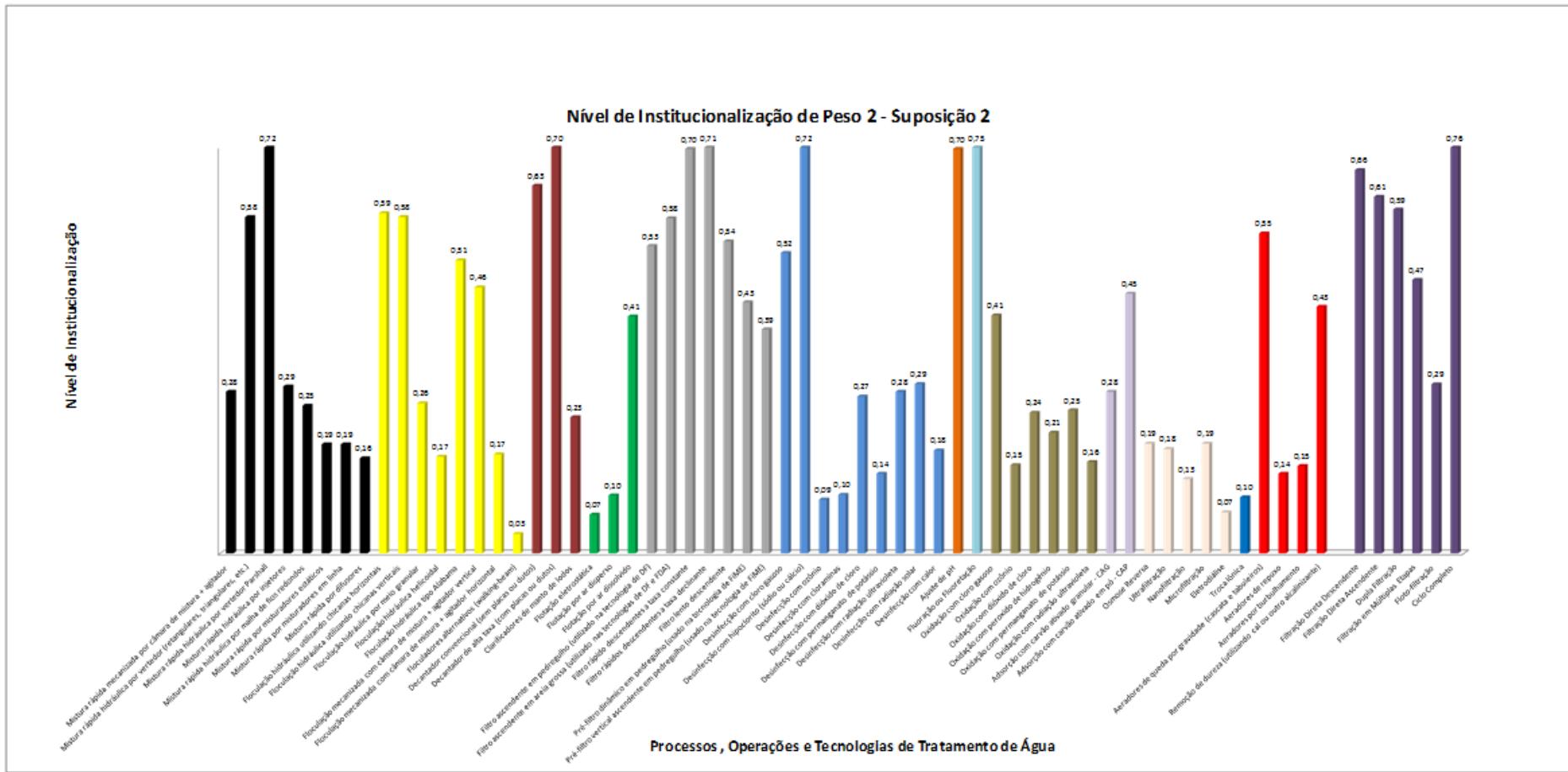


Figura 44. Nível de institucionalização conforme peso 2 para os tipos de processos, operações e tecnologias de tratamento de água – Suposição 2

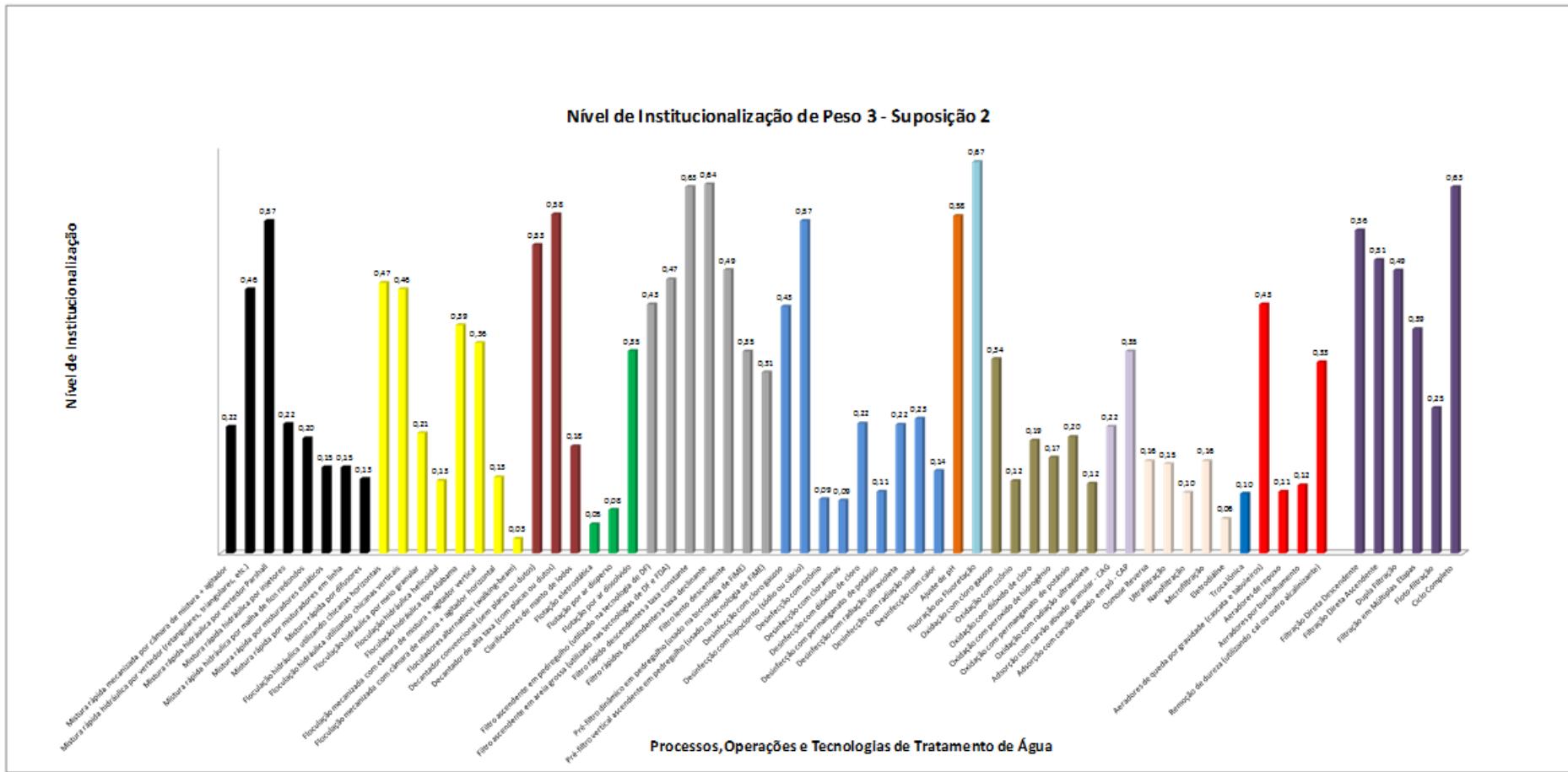


Figura 45. Nível de institucionalização conforme peso 3 para os tipos de processos, operações e tecnologias de tratamento de água – Suposição 2

Para verificar o grau de institucionalização dos processos, operações e tecnologias foi necessário estabelecer três faixas de valores, em função dos resultados obtidos. Assim as tecnologias foram classificadas como institucionalizadas, em transição e não institucionalizadas, conforme apresentado na Tabela 14.

Tabela 14. Faixa de classificação do nível de instituição

Classificação	Processo e operações de tratamento de forma geral	Tipos de processos e operações de tratamento	Tecnologias de tratamento de água
<b>Institucionalizada</b>	(0,7 a 1]	(0,5 a 1]	(0,5 a 1]
<b>Em transição</b>	(0,4 a 0,7]	(0,3 a 0,5]	(0,3 a 0,5]
<b>Iniciando a institucionalização</b>	(0,1 a 0,4]	(0,1 a 0,3]	[0,1 a 0,3]
<b>Não institucionalizada</b>	[0 a 0,1]	[0 a 0,1]	[0 a 0,1]

As tecnologias “institucionalizadas” representam os sistemas mais difundidos no Brasil, apresentando elevado grau de conhecimento por parte dos engenheiros projetistas e, inclusive, ao respaldado em função de sua utilização em ETAs já construídas.

A classificação “em transição” indica as tecnologias que estão sendo difundidas no país, mas que ainda não se encontram bem consolidadas, sob o parâmetro institucional.

As técnicas que estão “iniciando a institucionalização” são aquelas que não possuem alto grau de conhecimento e recomendação perante os profissionais do setor, fato o qual diminui a possibilidade de implantação em escala real. Neste caso, deve-se recomendar maior difusão das mesmas, principalmente no meio acadêmico e profissional, para que sua institucionalização seja garantida. Evidentemente essas tecnologias são eficientes e às vezes a única opção em função da qualidade da água do manancial.

As tecnologias classificadas como “não institucionalizadas” são pouco conhecidas, ou por algum motivo, são pouco recomendadas pelos profissionais da área, fato que, igualmente, diminui a possibilidade de implantação em escala real. Neste caso, também, deve-se recomendar maior difusão das mesmas, principalmente no meio acadêmico e profissional, para que sua institucionalização seja garantida. Evidentemente essas tecnologias são eficientes e às vezes a única opção em função da qualidade da água do manancial.

Segundo os resultados obtidos, determinou-se o grau de institucionalização dos processos, operações e tecnologias conforme Tabelas 15 a 17 para Suposição 1 e Tabelas 18 a 20 para Suposição 2. E mesmo com as alterações dos pesos no cálculo do nível de institucionalização, os resultados foram bem semelhantes, desse modo, as Tabelas 15 a 20

unificaram as respostas, diferenciando as técnicas e tecnologias que enquadram em mais de uma faixa de nível de institucionalização por meio do sinal (\*).

Tabela 15. Classificação do nível de institucionalização dos processos e operações - Suposição 1

Classificação	Processo e operações
Institucionalizadas	Coagulação e mistura rápida Floculação e mistura lenta Decantação Filtração Desinfecção
Em transição	Ajuste de pH Fluoração Oxidação Aeração
Iniciando a institucionalização	Flotação Adsorção Membranas Precipitação química (remoção de dureza)
Não Institucionalizadas	Troca Iônica

Tabela 16. Classificação do nível de institucionalização das tecnologias – Suposição 1

Faixa do nível	Tecnologias de tratamento de água
Institucionalizadas	Filtração direta descendente Filtração direta ascendente *(peso 2) Ciclo completo
Em transição	Filtração direta ascendente* (peso 1 e 3) Dupla filtração Filtração em múltiplas etapas.
Iniciando a institucionalização	Floto-filtração
Não institucionalizadas	Não existem

Tabela 17. Classificação do nível de institucionalização dos tipos de processos e operações – Suposição 1

Faixa do nível	Tipos de processo e operações de tratamento
Institucionalizadas	Mistura rápida hidráulica por vertedor (retangulares, triangulares, etc.)* (Peso 2) Mistura rápida hidráulica por vertedor Parshall Floculação hidráulica utilizando chicanas horizontais* (Peso 2) Floculação hidráulica utilizando chicanas verticais* (Peso 1 e 2) Floculação hidráulica helicoidal* (Peso 2) Floculação hidráulica tipo Alabama* (Peso 2) Decantador convencional (sem placas ou dutos) Decantador de alta taxa (com placas ou dutos)*(Peso 2) Filtro rápido descendente a taxa constante Filtro rápido descendente a taxa declinante Desinfecção com hipoclorito (sódio ou cálcio) Desinfecção com cloro gasoso *(Peso 2)

Tabela 17. Classificação do nível de institucionalização dos tipos de processos e operações –  
Suposição 1 – Continuação

Faixa do nível	Tipos de processo e operações de tratamento
Em transição	<p>Mistura rápida hidráulica por vertedor (retangulares, triangulares, etc.)*(Peso 1 e 3)</p> <p>Flocação hidráulica utilizando chicanas horizontais*(Peso 1 e 3)</p> <p>Flocação hidráulica utilizando chicanas verticais*(Peso 3)</p> <p>Flocação hidráulica helicoidal* (Peso 1 e 3)</p> <p>Decantador de alta taxa (com placas ou dutos)* (Peso 1 e 3)</p> <p>Filtro ascendente em pedregulho (utilizado na tecnologia de DF)</p> <p>Filtro ascendente em areia grossa (utilizado nas tecnologias de DF e FDA)</p> <p>Filtro lento</p> <p>Pré-filtro dinâmico em pedregulho (usado na tecnologia de FiME)</p> <p>Pré-filtro vertical ascendente em pedregulho (usado na tecnologia de FiME)* (Peso 2 e 3)</p> <p>Desinfecção com cloro gasoso (Peso 2)</p> <p>Desinfecção com cloro gasoso* (Peso 1 e 3)</p> <p>Desinfecção com radiação solar* (Peso 2)</p> <p>Aeradores de queda por gravidade (cascata e tabuleiros) *(Peso 1 e 3)</p> <p>Aeradores de queda por gravidade (cascata e tabuleiros)* (Peso 2)</p>
Iniciando a institucionalização	<p>Mistura rápida hidráulica por injetores</p> <p>Mistura rápida hidráulica por malha de fios redondos</p> <p>Mistura rápida por misturadores estáticos</p> <p>Mistura rápida por misturadores em linha* (Peso 1 e 2)</p> <p>Mistura rápida por difusores* (Peso 2 e 3)</p> <p>Flocação hidráulica por meio granular</p> <p>Flocação hidráulica tipo Alabama* (Peso 1 e 3)</p> <p>Flocação mecanizada com câmara de mistura + agitador vertical *(Peso 2 e 3)</p> <p>Clarificadores de manto de lodos* (Peso 1 e 2)</p> <p>Flotação por ar dissolvido* (Peso 2 e 3)</p> <p>Pré-filtro vertical ascendente em pedregulho (usado na tecnologia de FiME)* (Peso 1)</p> <p>Desinfecção com dióxido de cloro</p> <p>Desinfecção com permanganato de potássio* (Peso 2)</p> <p>Desinfecção com radiação solar *(Peso 1 e 3)</p> <p>Desinfecção com calor</p> <p>Oxidação com cloro gasoso</p> <p>Oxidação com dióxido de cloro *(Peso 2 e 3)</p> <p>Oxidação com peróxido de hidrogênio *(Peso 2)</p> <p>Oxidação com permanganato de potássio</p> <p>Adsorção com carvão ativado granular – CAG</p> <p>Adsorção com carvão ativado em pó – CAP</p> <p>Osmose Reversa* (Peso 1)</p> <p>Ultrafiltração</p> <p>Microfiltração</p> <p>Aeradores de repuxo * (Peso 2)</p> <p>Remoção de dureza (utilizando cal ou outro alcalinizante)</p>

**Tabela 17. Classificação do nível de institucionalização dos tipos de processos e operações – Suposição 1 – Continuação**

<b>Faixa do nível</b>	<b>Tipos de processo e operações de tratamento</b>
Não institucionalizada	Mistura rápida mecanizada por câmara de mistura com agitador Mistura rápida por misturadores em linha* (Peso 3) Mistura rápida por difusores* (Peso 1) Floculação mecanizada com câmara de mistura com agitador vertical *(Peso 1) Floculação mecanizada com câmara de mistura com agitador horizontal Floculadores alternativos (walking-beam) Clarificadores de manto de lodos* (Peso 3) Flotação eletrostática, Flotação por ar disperso Flotação por ar dissolvido *(Peso 1) Desinfecção com ozônio Desinfecção com cloraminas Desinfecção com permanganato de potássio *(Peso 1 e 3) Desinfecção com radiação ultravioleta Oxidação com ozônio Oxidação com dióxido de cloro* (Peso 1) Oxidação com peróxido de hidrogênio *(Peso 1 e 3) Oxidação com radiação ultravioleta Osmose Reversa* (Peso 2 e 3) Nanofiltração Eletrodiálise Aeradores de repuxo* (Peso 1 e 3) Aeradores por burbulhamento

**Tabela 18. Classificação do nível de institucionalização dos processos e operações de tratamento – Suposição 2**

<b>Faixa do nível</b>	<b>Processo e operações de tratamento</b>
Institucionalizadas	Coagulação e mistura rápida Floculação e mistura lenta Decantação Filtração Desinfecção Fluoração* (Peso 1 e 2)
Em transição	Flotação Ajuste de pH Fluoração* (Peso 1 e 3) Oxidação Adsorção Aeração Precipitação química *(Peso 2)
Iniciando a institucionalização	Membranas Precipitação química* (Peso 1 e 3)
Não Institucionalizadas	Troca Iônica

Tabela 19. Classificação do nível de institucionalização das tecnologias – Suposição 2

<b>Faixa do nível</b>	<b>Tecnologias de Tratamento de Água</b>
Institucionalizadas	Filtração Direta Descendente (Peso 2) Filtração Direta Ascendente Dupla Filtração* (Peso 1 e 2) Ciclo Completo
Em transição	Filtração Direta Descendente (Peso 1 e 3) Dupla Filtração* (Peso 3) Filtração em Múltiplas Etapas
Iniciando a institucionalização	Floto-filtração
Não Institucionalizadas	Não existem

Tabela 20. Classificação do nível de institucionalização dos tipos de processos e operações de tratamento de água – Suposição 2

<b>Faixa do nível</b>	<b>Operações Específicas de Tratamento de Água - Suposição 2</b>
Institucionalizadas	Mistura rápida hidráulica por vertedor (retangulares, triangulares, etc.) *(Peso 2) Mistura rápida hidráulica por vertedor Parshall Floculação hidráulica utilizando chicanas horizontais *(Peso 1 e 2) Floculação hidráulica utilizando chicanas verticais *(Peso 2) Floculação hidráulica tipo Alabama* (Peso 2) Decantador convencional (sem placas ou dutos) Decantador de alta taxa (com placas ou dutos) Filtro ascendente em pedregulho (utilizado na tecnologia de DF) *(Peso 2) Filtro ascendente em areia grossa (utilizado nas tecnologias de DF e FDA) *(Peso 2) Filtro rápido descendente a taxa constante Filtro rápido descendente a taxa declinante Filtro lento descendente* (Peso 2) Desinfecção com cloro gasoso *(Peso 2) Desinfecção com hipoclorito (sódio ou cálcio) Aeradores de queda por gravidade (cascata e tabuleiros) *(Peso 2)
Em transição	Mistura rápida hidráulica por vertedor (retangulares, triangulares, etc.)* (Peso 1 e 3) Floculação hidráulica utilizando chicanas horizontais *(Peso 3) Floculação hidráulica utilizando chicanas verticais* (Peso 1 e 3) Floculação hidráulica tipo Alabama* (Peso 1 e 3) Floculação mecanizada com câmara de mistura com agitador vertical Flotação por ar dissolvido Filtro ascendente em pedregulho (utilizado na tecnologia de DF) *(Peso 1 e 3) Filtro ascendente em areia grossa (utilizado nas tecnologias de DF e FDA)* (Peso 1 e 3) Filtro lento descendente *(Peso 1 e 3) Pré-filtro dinâmico em pedregulho (usado na tecnologia de FiME) Pré-filtro vertical ascendente em pedregulho (usado na tecnologia de FiME) *(Peso 2 e 3) Desinfecção com cloro gasoso* (Peso 1 e 3) Oxidação com cloro gasoso Adsorção com carvão ativado em pó – CAP Aeradores de queda por gravidade (cascata e tabuleiros) *(Peso 1 e 3) Remoção de dureza (utilizando cal ou outro alcalinizante)

Tabela 20. Classificação do nível de institucionalização dos tipos de processos e operações de tratamento de água – Suposição 2 - Continuação

Faixa do nível	Operações Específicas de Tratamento de Água - Suposição 2
Iniciando a institucionalização	Mistura rápida mecanizada por câmara de mistura com agitador Mistura rápida hidráulica por injetores Mistura rápida hidráulica por malha de fios redondos Mistura rápida por misturadores estáticos Mistura rápida por misturadores em linha Mistura rápida por difusores Floculação hidráulica por meio granular Floculação hidráulica helicoidal* (Peso 2 e 3) Floculação mecanizada com câmara de mistura com agitador horizontal Clarificadores de manto de lodos Pré-filtro vertical ascendente em pedregulho (usado na tecnologia de FiME) *(Peso 1) Desinfecção com permanganato de potássio (Peso 2 e 3) Desinfecção com radiação ultravioleta Desinfecção com radiação solar Desinfecção com calor Oxidação com ozônio Oxidação com dióxido de cloro Oxidação com peróxido de hidrogênio Oxidação com permanganato de potássio Oxidação com radiação ultravioleta* (Peso 2 e 3) Adsorção com carvão ativado granular – CAG Osmose Reversa Ultrafiltração Nanofiltração*(Peso 2) Microfiltração Aeradores de repuxo* (Peso 2 e 3) Aeradores por burbulhamento
Não institucionalizadas	Floculação hidráulica helicoidal *(Peso 1) Floculadores alternativos (walking-beam) Flotação eletrostática Flotação por ar disperso Desinfecção com ozônio Desinfecção com cloraminas Desinfecção com permanganato de potássio* (Peso 1) Oxidação com radiação ultravioleta* (Peso 1) Nanofiltração* (Peso 1 e 3) Eletrodiálise Aeradores de repuxo *(Peso 1)

Nos processos, operações, e tecnologias de tratamento de água (avaliados de forma geral) não houve nenhuma técnica na faixa de 0 a 0,1, desse modo, a classificação “não institucionalizada” aconteceu somente nos tipos de processos e operações de tratamento.

Verificou-se que os processos e operações institucionalizadas compatibilizam com a tecnologia de ciclo completo, a qual é bem consolidada no país, conforme dados do PNSB (2008) - Figuras 29 e 30 e informações de ETAs reais da SABESP - Figuras 32 e 33. Sendo as técnicas de membranas e troca iônica pouco institucionalizadas para todos os cenários.

Percebe-se também que determinados técnicas tais como, flotação, adsorção e precipitação química não são considerados institucionalizadas na Suposição 1, haja vista que para tal cenário a própria comunidade irá ser responsável por operar o sistema de tratamento de água. Contudo para o cenário no qual a administração, manutenção e operação das ETAs dependem das Companhias de Saneamento Básico, pode-se verificar que tais técnicas possuem maior nível de institucionalização, sendo então enquadrados na classificação “em transição”.

Em relação aos tipos de processos e operações mostraram-se institucionalizadas as técnicas que apresentam menor dificuldade de operação, tais como as hidráulicas. Para a Suposição 2, verifica-se que são menos restritos as técnicas recomendadas, englobando um número maior alternativas, ao contrário da Suposição 1.

Ao analisar somente as tecnologias de tratamento de água, notou-se que a filtração direta tanto ascendente como descendente, e a tecnologia de ciclo completo possuem alto nível de institucionalização o que comprova a alta difusão das mesmas no Brasil. Contudo, ao verificar a diferença entre as suposições, verifica-se que a suposição 2 engloba em nível de transição a tecnologia de dupla-filtração, indicando que a mesma é mais recomendada a ser implantada quando a ETA for operada por uma CSB. Contudo, a tecnologia floto-filtração não se apresenta institucionalizada para nenhuma das suposições analisadas.

## 6. CONCLUSÕES

A pesquisa pretendeu determinar, de modo geral, as tecnologias mais consolidadas sob o ponto de vista institucional, nesse caso, sem considerar a análise da qualidade da água bruta, a qual deve ser avaliada antes da implantação da tecnologia, sendo determinante na seleção do tipo de ETA. Destaca-se que houve o questionamento por parte dos peritos consultados, a cerca da importância da análise da qualidade da água bruta antes de selecionar a tecnologia. Neste contexto, vale ressaltar que na pesquisa avalia-se somente a aplicabilidade das tecnologias de tratamento em pequenas comunidades, a fim de determinar as possíveis causas de inúmeros fracassos na implantação de ETAs em comunidades de pequeno porte.

### *Em relação à quantificação dos indicadores*

Os índices calculados orientam o nível de institucionalização das técnicas de tratamento de água em comunidades brasileiras de pequeno porte, permitindo conhecer os processos e operações comumente lecionadas na graduação e pós-graduação, as tecnologias mais implantadas no país e o grau de recomendação destas por parte dos profissionais da área.

Recomenda-se que para futuras utilizações do método inclua-se um índice a cerca da opinião de tecnólogos, haja vista que esses são geralmente os responsáveis pela operação e manutenção das ETAs. É também indicado que se realize uma análise regional dos parâmetros, sendo os mesmos determinados para a área de implantação do sistema, pois as respostas obtidas podem variar de acordo com as características da região.

### *Em relação ao ajuste do modelo*

O modelo proposto por Sabogal Paz (2010) precisou ser ajustado após sua aplicação, criando, assim, uma nova metodologia que inclui novos índices e cenários, os quais permitem orientar a escolha de uma determinada tecnologia em função da institucionalização dentro do processo de transferência de tecnologia.

Ao aplicar o modelo houve dificuldade em cruzar os dados entre fontes diferentes (Companhias de Saneamento, PNSB, empresas de saneamento, opiniões dos peritos, ementas das disciplinas). Contudo, apesar da dificuldade de se igualar os tipos de informações, foi possível perceber que de maneira geral as tecnologias que apresentaram maior nível de institucionalização foram às mesmas para todos os índices calculados, este fato talvez esteja relacionada à escolha adequada dos indicadores e a inter-relação dos mesmos.

### Em relação à avaliação das tecnologias institucionalizadas

Os processos e operações considerados institucionalizados são compatíveis com a tecnologia de ciclo completo, sendo esta a mais comumente utilizada no Brasil, assim como é comprovado pelos dados do PNSB (2008) e da SABESP. O ciclo completo é a tecnologia comumente empregada, porém, às vezes sem necessidade, devido, talvez, à falta de conhecimento de outras tecnologias tecnicamente viáveis.

Os processos inerentes à tecnologia de ciclo completo apresentaram-se como institucionalizadas, sendo essas: coagulação e mistura rápida, floculação e mistura lenta, decantação, filtração e desinfecção. Determinou-se, também, que as tecnologias de filtração direta descendente e filtração direta ascendente foram classificadas como institucionalizadas, principalmente pela opinião das Companhias de Saneamento e Empresas de Consultoria, talvez, porque essas alternativas apresentam menor custo de implantação.

A pesquisa verificou que tecnologias como filtração em múltiplas etapas – FiME e dupla filtração são consideradas tecnologias com nível de institucionalização catalogado como “em transição” assim, ressalta-se a importância de incentivar pesquisas e as aplicações práticas dessas tecnologias a fim de estabelecer sua aplicabilidade em pequenas populações brasileiras.

As técnicas que foram indicadas como “iniciando a institucionalização” são aquelas que não possuem alto grau de conhecimento e recomendação perante os profissionais do setor, assim, o fato diminui a possibilidade de implantação em escala real. As tecnologias classificadas como “não institucionalizadas” são pouco conhecidas, ou por algum motivo, são pouco recomendadas pelos profissionais da área, fato que, igualmente, diminui a possibilidade de implantação em escala real. Nestes casos, recomenda-se maior difusão das mesmas, principalmente no meio acadêmico e profissional, para que sua institucionalização seja garantida. Evidentemente essas tecnologias são eficientes e às vezes a única opção em função da qualidade da água do manancial.

As seguintes técnicas são consideradas “não institucionalizadas”, em todos os cenários e pesos atribuídos: troca iônica mistura rápida mecanizada por câmara de mistura com agitador, floculação mecanizada com câmara de mistura com agitador horizontal, floculadores alternativos (*walking-beam*), flotação eletrostática, flotação por ar disperso, desinfecção com ozônio, desinfecção com cloraminas, desinfecção com radiação ultravioleta, oxidação com ozônio, oxidação com radiação ultravioleta, nanofiltração, eletrodiálise e aeradores por burbulhamento. As técnicas anteriores não se apresentaram como difundidas no país, contudo, isso não indica que as mesmas não devam ser implantadas, caso o engenheiro responsável pela implantação da ETA seja capaz de idealizá-la, projetá-la e construí-la e os

demais níveis de seleção da tecnologia (indicados na Figura 5) se mostrem favoráveis a sua escolha.

A partir da análise dos cenários observou-se que quando as Companhias de Saneamento são responsáveis por operar a ETA (Suposição 2), um número mais elevado de técnicas são recomendadas. Ao contrário de quando a própria comunidade é responsável pela ETA (Suposição 1), fato o qual acarreta em uma maior restrição das técnicas a serem empregadas, sendo mais adequados os processos e operações não mecanizados e que possuem funcionamento simplificado. Isso pode ser explicado pelo grau de capacitação de mão de obra e os requerimentos tecnológicos necessários para operar determinadas técnicas, o que impede que uma pequena comunidade gerencie alguns requisitos.

A determinação do nível de institucionalização permitiu avaliar, também, a razão de algumas tecnologias não se adequarem ao local implantado, fato que se dá, entre outros fatores, devido à falta de conhecimento. Assim, a partir dessa análise, verifica-se a necessidade de expandir o ensino e acabar com o “medo” de idealizar, projetar e construir processos, operações e tecnologias de tratamento de água diferentes aos comumente utilizados no Brasil. Essa mudança de pensamento deve acontecer em um futuro próximo em função de restrições que podem ser previstas nos próximos Padrões de Potabilidade a serem publicados pelo Ministério da Saúde. Nesta nova perspectiva não há como “fugir” ou “desconsiderar” processo, operações e tecnologias considerados “avançados”, porque talvez sejam as únicas alternativas a serem selecionadas para remover, por exemplo, microcontaminantes e microrganismos emergentes em águas de consumo.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- American Water Works Association - AWWA. (1999). *Water Quality and Treatment - A Handbook of Community Water Supplies*. USA : McGraw-Hill Inc. 5 ed.
- Avilla, J.A. (1999). *Lo Esencial Acerca del Intercambio Iónico*. Conferencia Anual de la Water Quality Association .
- CETESB. (1987). *Técnicas de abastecimento e tratamento de água*. Vol. 2. 320p. São Paulo.
- Chatterji M. (1990). *Technology Transfer in Developing Countries*. London: The Macmillan Press LTD.
- CINARA e IRC . (2001). *Modelo Conceptual Para Selección de Tecnología en Sistemas de Potabilización de Agua*. Proyecto de Selección de Tecnología y Análisis de Costos en Sistemas de Potabilización de Agua. Fase III. Ministerio de desarrollo Económico de Colombia. Cali. Colombia.
- CINARA e IRC. (1997). *Los Comportamientos Sociales y Culturales a Considerar en la Selección de Tecnologías para Patabilización de Água*. Informe del Proyecto de Selección de Tecnología y Análisis de Costos en Sistemas de Potabilización de Agua. Universidad del Valle/CINARA. Cali, Colombia.
- CINARA e IRC. (1997). *Transferencia de Tecnología en El Sector de Agua y Saneamiento en Colombia: Una experiencia de aprendizaje*. Cali, Colombia: Artes Graficas de Univale.
- Cysne, F. P. (2005). *Transferência de Tecnologia entre a Universidade e a Indústria*. Universidade Federal do Ceará, Departamento de Ciências da Informação do Centro de Humanidades.
- Di Bernardo e Sabogal Paz. (2008). *Seleção de Tecnologias de Tratamento de Água*. São Carlos: LDibe.
- Di Bernardo, L. Di Bernardo, A. Centurione Filho, P.L. (2002). *Ensaios de Tratabilidade de Águas e dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água*. São Carlos/SP. Brasil: Vol. 1. Rima.
- Di Bernardo, L.; Dantas, A.D. (2005). *Métodos e Técnicas de Tratamento de Água*. RIMA. 2<sup>a</sup> Edição.
- Fleck, L. F. (1998). *Aprendendo a Conhecer a Realidade Local e suas Relações*. CONTAG; Programa de Formação de Lideranças e Técnicos em Desenvolvimento Local Sustentável. Módulo II. Brasília: Convênio MTB/SEFOR/CODEFAT/CONTAG Setembro.
- Foster, M. (1966). *Las Culturas Tradicionales y Los Cambios Técnicos*. Fondo de Cultura Económica.

- Galtung, J. *El Desarrollo el Medio Ambiente y la Tecnología. Hacia una Tecnología Autonómica.* Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo.
- Galvis, G., Latorre, J., Fernandez, J., Visscher, J.T. (1998). *Multistage Filtration. A Water Treatment Technology.* IRC - CINARA - Universidad del Valle. The Hague. The Netherlands.
- Galvis, G.; Lattore, J.; Visscher, J.T. (1997). *Multi-stage, an innovative water treatment technology.* . (Technical Paper Series, No34) IRC International Water and Sanitation Centre, The Hague, The Netherlands. IRC-Cinara.
- Hespanhol I. (1969). *Investigação sobre o comportamento e aplicabilidades de filtros lentos no Brasil.* Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- IBGE. (2002). *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB)* . pelo Instituto Brasileiro de Pesquisa e Estatística.
- IBGE. (2010). *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB).* Instituto Brasileiro de Pesquisa e Estatística .
- Jensen O. W. e Scheraga A. C. (1998). *Technology in Society. Transferring technology: cost and benefits.* Pergamon.
- Libânio, M. (2008). *Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água.* Campinas SP: Atômo.
- Loetheringen, A. (1991). *The Sexless Recipient: or Why Wood Stove Projects Fail In: Technology Transfer To Developing Countries.* Oslo, Norway, NORAD.
- PROSSAB - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. (2003). *Tratamento de Água Para Abastecimento por Filtração Direta.* Rio de Janeiro: ABES, RiMa.
- Sabogal Paz, L. (2007). *Modelo Conceitual de Seleção de Tecnologias de Tratamento de Água para Abastecimento de Comunidades de Pequeno Porte.* São Carlos.
- Sabogal Paz, L. P ; Di Bernardo, L. (2007). *Eficiência e Risco na Seleção da Tecnologia de Filtração em Múltiplas Etapas.* 24 Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte / MG. .
- Schneider, R.P; Tsutiya, M.T.. (2001). *Membranas Filtrantes para o Tratamento de Água, Esgoto a Água de Reuso.* São Paulo: ABES.
- SILVA D.O; CARVALHO A.R.P. *Água Dura e Abrandamento, KURITA Soluções em Engenharia e Tratamento.* Disponível em [http://www.kurita.com.br/adm/download/agua\\_dura\\_e\\_Abrandamento.pdf](http://www.kurita.com.br/adm/download/agua_dura_e_Abrandamento.pdf) Acesso em:19/01/2012.
- Solano, F.C.A.; Sabogal, L.P.; Galvis, C.A.; Latorre, M.J. (2000). *El Riesgo Sanitario y la Eficiencia de las Tecnologías en la Selección de Tecnología para Potabilización del Agua.* Seminario Taller Selección de Tecnología para el Mejoramiento de la Calidad de Agua. Santiago de Cali, Colombia. Octubre.

UAM Universidad Autonoma de Madrid. (2006). *Intercambio Ionico*. disponível em: [http://www.uam.es/personal\\_pdi/ciencias/mgilarra/experimentacionIQII/Intercambioionico2006.pdf](http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/mgilarra/experimentacionIQII/Intercambioionico2006.pdf). Acesso em 10/01/2012.

Valencia, A. (1997). *Cultura y Sociedad en un Proceso de Selección de Tecnología para Potabilización de Agua en Comunidades Hasta 30000 habitantes*. Seminario Taller Selección de Tecnologías para el Mejoramiento da la Calidad del Agua. IHE TU Delft, CINARA, Universidad del Valle. Cali, Colombia.

Vargas M.C. e Lima R.F. (2004). *Ambiente e Sociedade Vol VII*. Consesões Privadas de Saneamento no Brasil: Bom Negócio para Quem? Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade, Campinas, Brasil.

Visscher, J. T; Quiroga R. E, Garcia, V. M, Galvis, C. G . (2000). *De Transferir Hacia Compatir Tecnología Memorias Conferencia Internacional Mejoramiento de la Calidad del Agua*. IHE, TU Delft, CINARA, Universidad del Valle, Cali. Colombia.

WASH. (1993). *Lecciones Aprendidas en Materia de Agua, Saneamiento y Salud*. Washington, USA.

## 8. ANEXOS

### Anexo 1. Formulário enviado aos peritos

Perguntas aos peritos		
Processos, operações e tecnologias de tratamento de água	Você <b>tem capacidades de prestar acessória e de realizar projetos hidráulicos para os seguintes processos, operações e tecnologias de tratamento de água?</b> . Favor colocar 1 se a resposta for afirmativa ou 0 se for negativa.	Você <b>recomenda o processo, operação ou tecnologia de tratamento de água para comunidades brasileiras de até 20.000 habitantes?</b> . Favor colocar 1 se a resposta for afirmativa ou 0 se for negativa.
<b>Processos e operações de tratamento</b>	<b>Colocar 0 ou 1, em função da resposta</b>	
<b>Coagulação e mistura rápida</b>		
<b>Mistura rápida mecanizada</b>		
Mistura rápida mecanizada por câmara de mistura + agitador		
<b>Mistura rápida hidráulica</b>		
Mistura rápida hidráulica por vertedor (retangulares, triangulares, etc.)		
Mistura rápida hidráulica por vertedor Parshall		
Mistura rápida hidráulica por injetores		
Mistura rápida hidráulica por malha de fios redondos		
<b>Mistura rápida especial</b>		
Mistura rápida por misturadores estáticos		
Mistura rápida por misturadores em linha		
Mistura rápida por difusores		
<b>Flocação e mistura lenta</b>		
<b>Flocação Hidráulica</b>		
flocação hidráulica utilizando chicanas horizontais		
flocação hidráulica utilizando chicanas verticais		
flocação hidráulica por meio granular		
flocação hidráulica helicoidal		
flocação hidráulica tipo Alabama		
<b>Flocação Mecanizada</b>		
flocação mecanizada com câmara de mistura + agitador vertical		
flocação mecanizada com câmara de mistura + agitador horizontal		
Floculadores alternativos (walking-beam)		
<b>Decantação</b>		
Decantador convencional (sem placas ou dutos)		
Decantador de alta taxa (com placas ou dutos)		
Clarificadores de manto de lodos		
<b>Flotação</b>		
Flotação eletrostática		
Flotação por ar disperso		
Flotação por ar dissolvido		
<b>Filtração</b>		
Filtro ascendente em pedregulho (utilizado na tecnologia de dupla filtração)		
Filtro ascendente em areia grossa (utilizado nas tecnologias de dupla filtração e filtração direta ascendente)		
Filtro rápido descendentes a taxa constante		
Filtro rápidos descendentes a taxa declinante		
Filtro lento descendente		
Pré-filtro dinâmico em pedregulho (usado na tecnologia de filtração em múltiplas etapas)		
Pré-filtro vertical ascendente em pedregulho (usado na tecnologia de filtração em múltiplas etapas)		

## Formulário – Continuação

<b>Processos, operações e tecnologias de tratamento de água</b>			<b>Perguntas aos peritos</b>	
			<b>Você tem capacidades de prestar acessória e de realizar projetos hidráulicos para os seguintes processos, operações e tecnologias de tratamento de água?. Favor colocar 1 se a resposta for afirmativa ou 0 se for negativa.</b>	<b>Você recomenda o processo, operação ou tecnologia de tratamento de água para comunidades brasileiras de até 20.000 habitantes?.</b> Favor colocar 1 se a resposta for afirmativa ou 0 se for negativa.
<b>Desinfecção</b>				
<b>Desinfecção por agentes químicos</b>				
Desinfecção com cloro gasoso				
Desinfecção com hipoclorito (sódio ou cálcio)				
Desinfecção com ozônio				
Desinfecção com cloraminas				
Desinfecção com dióxido de cloro				
Desinfecção com permanganato de potássio				
<b>Desinfecção por agentes físicos</b>				
Desinfecção com radiação ultravioleta				
Desinfecção com radiação solar				
Desinfecção com calor				
<b>Ajuste de pH</b>				
<b>Fluoração ou Fluoretação</b>				
<b>Oxidação</b>				
Oxidação com cloro gasoso				
Oxidação com ozônio				
Oxidação com dióxido de cloro				
Oxidação com peróxido de hidrogênio				
Oxidação com permanganato de potássio				
Oxidação com radiação ultravioleta				
<b>Adsorção</b>				
Adsorção com carvão ativado granular - CAG				
Adsorção com carvão ativado em pó - CAP				
<b>Membranas</b>				
Osmose Reversa				
Ultrafiltração				
Nanofiltração				
Microfiltração				
Eletrodiálise				
<b>Troca Iônica</b>				
<b>Aeração</b>				
Aeradores de queda por gravidade (cascata e tabuleiros)				
Aeradores de repuxo				
Aeradores por burbulhamento				
<b>Precipitação química</b>				
Remoção de dureza (utilizando cal ou outro alcalinizante)				
<b>Tecnologias de tratamento de água</b>				
<b>Filtração Direta Descendente</b>				
<b>Filtração Direta Ascendente</b>				
<b>Dupla Filtração</b>				
<b>Filtração em Múltiplas Etapas</b>				
<b>Floto-filtração</b>				
<b>Ciclo Completo</b>				