

## **AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DOS PROCESSOS ENVOLVIDOS NO TRATAMENTO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO HUMANO: UMA ANÁLISE SOB A ÓTICA DA METODOLOGIA SEIS SIGMA**

**Paulo Henrique Mazieiro Pohlmann<sup>(1)</sup>**

Acadêmico de Engenharia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Londrina

**Amanda Alcaide Franciso**

Acadêmica de Engenharia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Londrina

**Marco Antônio Ferreira**

Doutorando pela Faculdade de Economia e Administração da Universidade de São Paulo – Campus Ribeirão Preto

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Rio de Janeiro 1303, apto. 201, Centro, Londrina/PR, CEP 86.010-150. Fone: (43) 3024-6134. e-mail: [paulo\\_pohlmann@hotmail.com](mailto:paulo_pohlmann@hotmail.com)

### **RESUMO**

A metodologia Seis Sigma é um sistema de gestão da qualidade que visa alcançar, maximizar e manter o sucesso comercial, por meio da compreensão e do atendimento das necessidades dos clientes. Ela foi desenvolvida pelo engenheiro da Motorola Bill Smith, em 1986, e representa um programa de gestão da qualidade, cuja finalidade é o controle das variações e não-conformidades no processo produtivo para reduzir o número de defeitos para 3,4 por milhão de oportunidades. Pela verificação da importância da integração entre o Saneamento Ambiental e a Gestão de Processos buscou-se, ao longo deste estudo bibliográfico, realizar uma análise dos processos envolvidos no tratamento convencional de água para abastecimento humano sob a ótica da metodologia Seis Sigma. O Valor de DPMO calculado para os processos em foco no estudo foi de 67.347 defeitos por milhão de oportunidades, que corresponde a um Nível Sigma 3,0 e a um rendimento de 93,3%. Considerando uma produção de 2,58 milhões de m<sup>3</sup>/mês, o volume de água produzido conforme seria de aproximadamente 2,41 milhões de m<sup>3</sup>/mês e o volume não-conforme seria de 173,1 mil de m<sup>3</sup>/mês.

**PALAVRAS-CHAVE:** Seis Sigma, Saneamento Ambiental, Estação de Tratamento de Água, Gestão de Processos.

### **INTRODUÇÃO**

A metodologia Seis Sigma é um sistema de gestão da qualidade que visa alcançar, maximizar e manter o sucesso comercial por meio da compreensão e atendimento das necessidades dos clientes. Esta filosofia de trabalho permite o aumento do lucro por meio da otimização das operações, melhoria contínua da qualidade e eliminação das não-conformidades (ROTONDORO, 2008).

O programa Seis Sigma foi desenvolvido pelo engenheiro da Motorola, Bill Smith, em 1986 e representa um programa de gestão da qualidade, cuja finalidade é o controle das variações no processo produtivo para reduzir o número de defeitos para 3,4 por milhão de oportunidades. A ideia surgiu devido ao grande fluxo de reclamações de uso de garantias por parte dos clientes e em consequência da perda de mercado frente aos produtos japoneses, que tinham melhor desempenho em qualidade e menor custo. Após uma análise dos processos internos da Motorola, concluiu-se que grande parte do custo de fabricação estava associado às perdas e falhas na produção, resultando em acréscimo do preço final dos produtos (HUTCHINS, 1994; HSM MANAGEMENT, 2003; RAISINGHANI et al., 2005).

Segundo a pesquisa bibliográfica de JANSEN (2009), enquanto as empresas americanas consideravam que a qualidade demandava altos investimentos, a Motorola percebeu que a eliminação das falhas e aumento da qualidade na produção reduzia os custos da produção. O autor afirma que, neste período, a empresa gastava de 5 a 20% do faturamento anual na correção de falhas e defeitos.

Os resultados obtidos pela Motorola, posteriormente ao desenvolvimento e a implantação da metodologia Seis Sigma, não deixam dúvida dos benefícios obtidos pelo emprego desta ferramenta na redução das não-conformidades na produção. A produção de uma central telefonica, que possuía 1200 componentes e uma tolerância de 2700

componentes defeituosos em um milhão, o que equivale a 99,7% de produtos perfeitos. Devido às combinações entre componentes defeituosos e não defeituosos resultava em uma rejeição de 40 centrais telefônicas a cada 1000 produzidas (LOBOS, 1991).

De acordo com PANDE et al. (2001), ao longo da primeira década desde a implantação da metodologia Seis Sigma (1987–1997) a Motorola apresentou crescimento de cinco vezes na venda, elevação de 20% ao ano do lucro, economia acumulada de US\$ 14 Bilhões e, por fim, aumento dos ganhos nos preços das ações a uma taxa de 21,3% ao ano. Com base nos resultados obtidos pelas diversas empresas que implementaram o programa, o autor destaca como principais benefícios o desenvolvimento de um sucesso sustentado, a determinação de uma meta de desempenho, intensificação do valor para os clientes e aceleração da taxa de melhoria do processo produtivo.

Contudo, a força motriz para a divulgação e popularização do Programa Seis Sigma no mercado foram os resultados obtidos pela General Electric (GE), uma das pioneiras na adoção e a principal responsável pela expansão desta filosofia. A empresa obteve mais de 300 milhões de dólares no primeiro ano de aplicação, motivando empresas como Siemens, Nokia, Ford e Catterpillar (GALVANI, 2010). ANTONY & BANUELAS (2002 *apud* CABRERA JUNIOR, 2006) afirmam que no período de 1995 à 1998 a GE economizou cerca de 1 bilhão de dólares devido à implementação do Seis Sigma.

McCARTHY & STAUFFER (2001) acreditam que os resultados alcançados pela implementação do programa Seis Sigma, no que diz respeito a redução maximizada de defeitos, atuam como agente estimulante dos estudos e pesquisas relacionados ao tema, tornando-a uma importante ferramenta para as corporações que necessitam implementar uma mudança no processo produtivo.

Um processo com Nível de Sigma igual a 3,0 significa para a gestão da qualidade que 93,3% dos produtos estão conformes, representando 66.800 defeitos por milhão de oportunidades. Já um processo a Nível de Sigma igual a 6 significa que 99,9997% dos produtos estão conformes, representando 3,4 defeitos por milhões de oportunidades. Quanto a oportunidades de defeitos, defini-se como os tipos ou categorias de defeitos possivelmente apresentados pelo produto ou processo (PANDE et al., 2001). A Tabela 01 relaciona o rendimento do processo, as oportunidades de defeito e seus respectivos níveis sigma.

**Tabela 01 – Rendimento do processo, DPMO e Nível Sigma**

<b>Rendimento (%)</b>	<b>DPMO</b>	<b>Nível Sigma</b>
<b>30,9</b>	690.000	1
<b>69,2</b>	308.000	2
<b>93,3</b>	66.800	3
<b>99,4</b>	6.210	4
<b>99,98</b>	320	5
<b>99,9997</b>	3,4	6

Fonte: Adaptado PANDE et al, (2001).

A verificação da metodologia Seis Sigma como uma filosofia de trabalho que promove a elevação da qualidade e do lucro pela redução das não-conformidades nos processos produtivos e a constatação de que o setor de tratamento de água para abastecimento necessita de um elevado rigor nos processos que o compõe, corroboram a importância da integração entre o Saneamento Ambiental e a Gestão de Processos. Neste sentido, ao longo deste estudo bibliográfico, buscou-se realizar uma análise dos processos envolvidos no tratamento convencional de água para abastecimento humano sob a ótica da metodologia Seis Sigma.

## **METODOLOGIA**

A metodologia empregada no estudo é a bibliográfica dedutiva, resumindo-se em quatro etapas sequenciais. São elas: 1) Determinação de indicadores de referência para as operações unitárias que compõe o processo de tratamento de água convencional para abastecimento humano; 2) Determinação das possíveis não-conformidades no processo produtivo; 3) Aplicação da ferramenta de gestão da qualidade Matriz de Verificação de Oportunidades de Defeitos; 4) Cálculo do Nível Sigma da Estação de Tratamento de Água (ETA) pelo programa Seis Sigma.

Este artigo é a primeira apresentação de um estudo mais abrangente que se encontra em desenvolvimento no campus Londrina da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.

**Caracterização da Estação de Tratamento de Água (ETA).** O estudo foi desenvolvido com base na análise criteriosa das etapas referentes ao tratamento convencional de água para abastecimento em uma ETA de configuração semelhante àquela de propriedade da Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR e que encontra-se ilustrada na Figura 1.

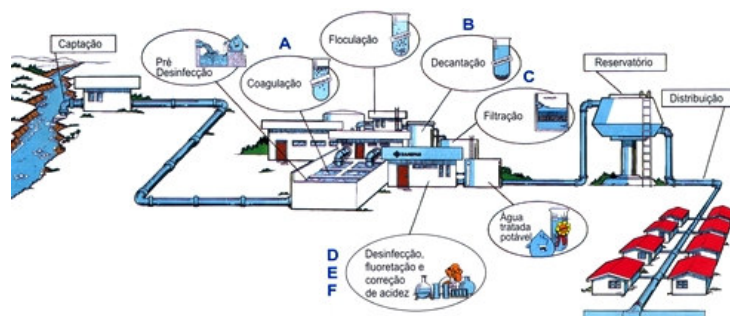


Figura 1: Ilustração das instalações da ETA da Sanepar.

O tratamento em ETA's com estas características é consistido basicamente das seguintes operações unitárias: Coagulação, Floculação, Decantação, Filtração, Desinfecção, Correção de Acidez e Fluoretação (HELLER & PÁDUA, 2006; MACEDO, 2007).

**Indicadores de Referência.** Para cada uma das etapas desenvolvidas na ETA foram atribuídos indicadores de referência específicos, com base nos requisitos de maior influência sobre a eficiência dos processos do tratamento convencional de água. Estes indicadores servem como parâmetro para a avaliação da qualidade e determinação das falhas (não-conformidades) ocorridas ao longo do tratamento.

Tabela 2: Indicadores de referência e os fatores que influenciam na eficiência do tratamento

Processo	Objetivo	Etapa	Indicadores de referência	Fatores que influenciam a eficiência
Clarificação	Remoção de turbidez, cor e, de forma secundária, matéria orgânica natural.	Coagulação	Volume de coagulante e custos operacionais.	Concentração de matéria suspensa, coloidal e dissolvida, pH, temperatura, dosagem de coagulante e tempo de mistura rápida
		Floculação	Tamanho e densidade dos flocos, custos operacionais.	Eficiência da etapa anterior, quantidade de agitação, concentração de flocos
		Decantação	Turbidez, cor, sólidos dissolvidos e suspensos, quantidade de lodo decantado e velocidade de decantação, custos operacionais.	Eficiência das etapas anteriores, tamanho e densidades dos flocos, quantidade de agitação.
		Filtração	Turbidez, cor, sólidos suspensos e dissolvidos	Escolha do tipo de filtro, o tamanho do material a ser filtrado, o método de filtração escolhido

Fonte: (HELLER & PADUA, 2006; MACEDO, 2007)

**Tabela 2: Indicadores de referência e os fatores que influenciam na eficiência do tratamento (Continuação)**

Processo	Objetivo	Etapa	Indicadores de Referência	Fatores que influenciam a eficiência
<b>Desinfecção</b>	Eliminação de microrganismos patogênicos	-	Número mais provável de coliformes, quantidade de desinfetante e outros produtos usados.	Tempo de contato com a água, tipo de agente químico, intensidade e natureza do agente físico utilizado como desinfetantes e tipos de organismos
<b>Fluoretação</b>	Combate e prevenção à cárie	-	Concentração de flúor	-
<b>Correção de acidez</b>	Combate a corrosão e incrustação nos encanamentos	-	Volume de cal hidratada ou carbonato de sódio	-

Fonte: (HELLER & PADUA, 2006; MACEDO, 2007)

Com base nos indicadores de referência determinados pela revisão bibliográfica (Tabela 2), foram determinadas as principais não-conformidades que possivelmente ocorrem nas ETA's. Entende-se por não-conformidade qualquer falha, imperfeição ou defeito ocorrido ao longo do processo produtivo. As principais falhas estão apresentadas na Tabela 3.

**Tabela 3: Principais não-conformidades dos processos da ETA**

Processo	Não-Conformidades
<b>Coagulação</b>	Alto volume de coagulante, Elevado custo operacional e pH inadequado
<b>Floculação</b>	Pequeno tamanho dos flocos, Baixa densidade dos flocos, Elevado custo operacional e Agitação elevada
<b>Clarificação</b>	<b>Decantação</b> Baixa velocidade de sedimentação, Elevado tempo de sedimentação, Baixo volume de lodo decantado e Baixa remoção de cor e turbidez
	<b>Filtração</b> Baixa remoção de cor e turbidez e Elevado custo operacional
<b>Desinfecção</b>	Elevado volume de cloro, Concentração final de cloro residual (Baixa ou Alta), Contaminação microbiológica e Elevado custo operacional
<b>Fluoretação</b>	Volume de produto químico, Concentração de flúor na água (Baixa ou Alta) e Elevado custo operacional
<b>Correção de acidez</b>	Volume inadequado de agentes químicos e Elevados custos operacionais

Fonte: (HELLER & PADUA, 2006; MACEDO, 2007)

**Matriz de verificação de Oportunidades de Defeitos.** O estudo consiste no monitoramento das falhas ocorridas nos processos que compõe a ETA do tipo convencional, com base na coleta de amostras e aplicação da Matriz de Verificação de Oportunidades de Defeitos, utilizando uma metodologia semelhante àquela apresentada por RUTHES *et al.* (2006). É importante ressaltar que as falhas detectadas são meramente ilustrativas, não correspondendo a resultados obtidos por análises reais. Após o emprego da Matriz de Verificação para contabilizar os defeitos encontrados na ETA calculou-se a DPMO e o Nível Sigma do processo.

**Nível Sigma.** Conforme PANDE *et al.* (2001), a filosofia da metodologia Seis Sigma orienta-se na prevenção e enfoca o controle estatístico da qualidade para definir padrões de excelência operacional, buscando alcançar processos produtivos com no máximo 3,4 defeitos por milhão de oportunidades (DPMO). A DPMO, que indica essencialmente quantos defeitos surgiriam se houvesse um milhão de oportunidades, é calculada a partir dos defeitos totais contados e das oportunidades totais, como apresentado nas Equações 1 e 2.

1) Oportunidades Totais (OT).

$$OT = UC \cdot OP$$

Equação 1

onde: UC são as oportunidades contadas.  
OP são as oportunidades.

2) Defeitos por milhão de Oportunidades (DPMO).

$$DPMO = (OTC / OT) \cdot 10^6 \quad \text{Equação 2}$$

onde: DTC são os defeitos totais contados.  
OT são as oportunidades totais.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados ilustrados na Tabela 4 correspondem aos defeitos detectados no monitoramento da ETA no período de 30 dias. Supondo-se que os dados a cerca do tratamento sejam coletados três vezes ao dia (Manhã, Meio-dia e Tarde) em lotes de sete amostras, cada qual correspondente a uma das operações unitárias descritas na Figura 1. Ao final de um mês foram coletadas 630 amostras.

**Tabela 4: Matriz de verificação mensal de oportunidade de defeitos da ETA**

DIA	ETAPA DO TRATAMENTO																			OP			
	CG			FLC				DEC				FLT		DES				FLU			CQ		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S		T	U	V
1 I						X			X														2
1 II																							0
1 III							X				X				X	X			X				5
2 I				X	X				X							X					X		5
2 II												X					X	X					1
2 III			X					X	X						X	X			X				6
3 I					X								X							X		X	3
3 II	X														X						X		4
3 III		X				X			X			X				X				X	X		7
4 I																							0
4 II			X													X					X		3
4 III				X				X										X					4
5 I	X		X																				2
5 II	X								X						X								3
5 III			X				X				X											X	4
. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
30 I				X												X			X				3
30 II		X			X							X			X						X	X	6
30 III	X						X			X						X				X			5
Total	13	17	11	12	17	10	10	9	11	15	12	18	14	16	13	16	11	13	18	12	19	10	297

CG: Coagulação; FLC: Flocculação; DEC: Decantação; FLT: Filtração; DES: Desinfecção; FLU: Fluoretação; CA: Correção da Acidez; A: Volume de coagulante (Alto/Baixo); B: Elevado custo operacional; C: pH inadequado; D: Pequeno tamanho dos flocos; E: Baixa densidade dos flocos; F: Elevado custo operacional; G: Agitação elevada; H: Baixa velocidade de sedimentação; I: Elevado tempo de sedimentação; J: Baixo volume de lodo decantado; K: Baixa remoção de cor e turbidez; L: Baixa remoção de cor e turbidez; M: Elevado custo operacional; N: Elevado volume de cloro; O: Concentração de cloro residual (Alto/Baixo); P: Contaminação microbiológica; Q: elevado custo operacional; R: Volume de produto químico; S: Concentração de flúor na água (Alto/Baixo); T: Elevado custo operacional; U: Volume inadequado de agentes químicos; V: Elevados custos operacionais.

Segundo PANDE et al. (2001) o valor de DPMO calculado representa o número de defeitos estimados a cada um milhão de oportunidades. O processo de tratamento de água para abastecimento humano da ETA apresentou 67.347 defeitos por milhão de oportunidades, que corresponde a um Nível Sigma 3,0 e a um rendimento de 93,3%.

A produção mensal de água na ETA, utilizada para avaliar o volume de água conforme e não-conforme a partir do rendimento dos processos da mesma, foi estipulada com base na Equação 3. Ela indica o volume de água necessário para abastecer a população do município de Londrina-PR, considerando o consumo diário per capita.

$$V_p = C_s \cdot P_t \cdot t$$

Equação 3

onde:  $V_p$  é o volume necessário para abastecer o município de Londrina-PR ( $m^3$ ).  
 $C_s$  é o consumo diário per capita ( $m^3$ /habitante.dia).  
 $P_t$  é a população total do município (habitantes).  
 $t$  é o tempo (dias).

De acordo com VON SPERLING (1996), para cidades com mais de 250.000 habitantes o consumo per capita encontra-se na faixa de 150 a 300 L/hab.dia. No caso de Londrina-PR o consumo gira em torno de 170 L/hab.dia e nos Distritos é de 167 L/hab.dia (LONDRINA, 2009). Segundo a pesquisa realizada pelo IBGE (2011) no ano de 2010 a população do município é de 506.701 habitantes.

A Tabela 5 relaciona as informações coletadas pela matriz de verificação, os resultados dos cálculo para a DPMO, o Nível Sigma do processo de tratamento de água analisado no presente estudo de caso.

**Tabela 5: Informações do processo de tratamento de água**

Variável	Dados
Unidades Contadas - UC	630
Defeitos Totais Contados - DTC	297
Oportunidades - OP	7
Oportunidades Totais - OT	4.410
Def. por Milhão de Oport. - DPMO	67.347
Nível Sigma	3.0
Rendimento (%)	93,3
Produção Mensal ( $m^3$ /mês)	2.584.175
Volume tratado conforme ( $m^3$ /mês)	2.411.035
Volume tratado não-conforme ( $m^3$ /mês)	173.140

Considerando uma produção de 2,58 milhões de  $m^3$ /mês, o volume de água produzido na ETA em conformidade seria de aproximadamente 2,41 milhões de  $m^3$ /mês e o volume não-conforme seria de 173,1 mil de  $m^3$ /mês. Para atingir um nível Seis Sigma de excelência, o tratamento de água deveria apresentar apenas 3,4 defeitos a cada um milhão de oportunidades, resultando em um rendimento de 99,9997%. Nestas condições, o volume de água produzido em conformidade seria de 2.58 milhões de  $m^3$ /mês e o volume não-conforme seria de apenas 7,75  $m^3$ /mês. O alcance do Nível Seis Sigma de excelência representa uma grande melhoria na qualidade e redução dos custos do processo produtivo.fr

Na Tabela 6 encontram-se ilustrados os Níveis Sigma, os Rendimentos e seus respectivos Volumes de água não-conforme.

**Tabela 6 – Rendimentos e Volumes não-conforme em função do Nível Sigma**

Nível Sigma	Produção: 2.584.175 $m^3$ /mês		
	Rendimento (%)	Volume conforme ( $m^3$ /mês)	Volume não-conforme ( $m^3$ /mês)
1	30,9	798.510	1.785.665
2	69,2	1.788.249	795.926
<b>3</b>	<b>93,3</b>	<b>2.411.035</b>	<b>173.140</b>
4	99,4	2.568.670	15.505
5	99,98	2.583.658	516
<b>6</b>	<b>99,9997</b>	<b>2.584.167</b>	<b>7,75</b>

É importante considerar que a conformidade e a não-conformidade não estão diretamente relacionadas com os padrões de potabilidade da água tratada, apesar de que o mal funcionamento das operações unitárias que compõe o tratamento

pode resultar na produção de água com qualidade abaixo daquela exigida pela Portaria n° 518/2005 do Ministério da Saúde. O volume de água não-conforme se refere a quantidade de água cujo tratamento apresentou falhas ou imperfeições, englobando desde os elevados custos operacionais até a baixa remoção de cor e turbidez.

Uma notável dificuldade em uma eventual aplicação prática dos conceitos abordados no estudo é estabelecer formas de medição para detectar as não-conformidades ao longo do processo de tratamento, considerando-se que alguns deles são de difícil mensuração. Além disso, o estabelecimento de limites de especificação para a produção de água em ETA's não são simples e também não há estudos que indiquem como possam ser adaptados os conceitos da metodologia seis sigma as ETA's, sendo portanto, este estudo fundamental para o desenvolvimento da mesma.

## CONCLUSÃO

Na simulação, a ETA para abastecimento humano apresentou um nível Sigma de 3,0, correspondente a 67.347 defeitos por milhão de oportunidades e um rendimento de 93,31928%. Os volumes de água tratada conforme e não-conformes foram de, respectivamente, 2,58 milhões de m<sup>3</sup>/mês e 173,1 mil m<sup>3</sup>/mês. Porém, se a mesma apresentasse um nível sigma igual a 6,0 o seu rendimento seria de 3,0 defeitos por milhão de oportunidades. O volume de água conforme seria de 2.58 milhões de m<sup>3</sup>/mês e o volume não-conforme seria de 7,75 m<sup>3</sup>/mês.

A princípio o programa Seis Sigma mostra-se uma importante ferramenta para o melhoramento e padronização dos processos envolvidos na ETA, promovendo a visibilidade das oportunidades de defeito e estabelecendo, através disso, padrões de excelência de desempenho.

A metodologia Seis Sigma é amplamente utilizada nos setores industriais tradicionais, fato que resulta em uma ampla variedade de produções científicas e experiências abordando a temática. Entretanto, a aplicação desta metodologia na área ambiental é recente e pouco explorada, de tal modo que verificou-se uma escassez de produções técnicas relacionadas à aplicação da metodologia Seis Sigma em ETA's. Nenhuma produção científica foi encontrada nas bases de dados Scopus da CAPES, Scielo e na Biblioteca de teses da USP.

Recomendam-se estudos mais aprofundados para a verificação prática desta simulação e solução das dificuldades encontradas, os quais, já estão em fase de desenvolvimento e apresentam resultados satisfatórios.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CABRERA JUNIOR, A. **Dificuldades de implementação de programas Seis Sigma: Estudos de casos em empresas com diferentes níveis de maturidade**. 2006. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo – USP. São Carlos, 2006. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/>>. Acesso em 18/06/2011.
2. GALVANI, R. L. **Análise comparativa da aplicação do Programa Seis Sigma em processos de Manufatura e Serviços**. 2010. 137p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo – USP. São Carlos, 2010. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/>>. Acesso em 18/06/2011.
3. HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. 1º Ed. Minas Gerais: UFMG, 2006.
4. HSM MANAGEMENT. **Dossiê 6-sigma: a um passo da perfeição**. Revista HSM Management. São Paulo: HSM do Brasil, ano 7, n.38, p. 63-90. Mai/Jun. 2003.
5. HUTCHINS, G. **ISO 9000: um guia completo para o registro, as diretrizes da auditoria e a certificação bem-sucedida**. São Paulo: Makron Books, 1994.
6. IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em < <http://www.ibge.gov.br/home/>> Acesso em: 17/09/2011.
7. JANSEN, L. K. C. **Integração do pensamento sistêmico em projetos Seis Sigma**. 2009. 213p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/>>. Acesso em 18/06/2011.
8. LOBOS, J. **Qualidade através das pessoas**. 9. ed. São Paulo: Instituto da Qualidade, 1991.
9. LONDRINA. **Plano Municipal de Saneamento Básico: Relatório de Diagnóstico da Situação do Saneamento**. Paraná: Prefeitura Municipal de Londrina, 2008/09. 476 p. Disponível em < <http://www1.londrina.pr.gov.br/index.php>> Acesso em: 17/09/2011.

10. MACEDO, J. A. B. **Águas & Águas**. 3º Ed. Minas Gerais: CRQ – MG, 2007.
11. MCCARTHY, B. M.; STAUFFER, R. **Enhancing six sigma through simulation with igrafx process for six sigma**. In: Proceeding of the 2001 Winter Simulation Conference, Phoenix, Arizona, 2001.
12. PANDE, P. S.; NEUMAN, R. P.; CAVANAGH, R. R. **Estratégia seis sigma: como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.
13. RAISINGHANI, M. S.;ETTE, H.;PIERCE, R.;CANNON, G.; DARIPALY, P. **Six Sigma: concepts, tools and applications**. Industrial Management & Data Systems, Volume 105, p.491–505. Emerald Group Publishing Limited. 2005.
14. ROTONDO, R. G. **Seis Sigma: Estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços**. 1ª ed. São Paulo: Atlas, 2008.
15. RUTHES, S; CERETTA, P. S; SONZA, I. B. **Seis Sigma: Melhoria da Qualidade através da redução da variabilidade**. Revista Gestão Industrial, Ponta Grossa. v.2, n.2, p.181-199, 2006.
16. VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2.ed. v.1.Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA, Universidade Federal de Minas Gerais, 2002.