

II-484 – DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO DO ESGOTO SANITÁRIO BRUTO DO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL

Jhonatan Barbosa da Silva⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Mestre em Tecnologias Ambientais pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Técnico do Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica aplicado ao Saneamento da UFMS. Doutorando em Tecnologias Ambientais pela UFMS.

Robson Campos dos Anjos⁽²⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Mestrando em Tecnologias Ambientais pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

José Carlos Queiroz⁽³⁾

Engenheiro Eletricista. Especialista em Engenharia Sanitária pela UFMS.

Maria Lúcia Ribeiro⁽⁴⁾

Professora Associada da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Engenheira Química, Doutora em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS.

Carlos Nobuyoshi Ide⁽⁵⁾

Professor Associado da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Engenheiro Civil, Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS.

Endereço⁽¹⁾: Rua Lago Paranoá, 432, BL 07 – Apt. 12. Vila Adelina – Campo Grande - MS - CEP: 79070-340 - Brasil - Tel: (67) 3321-5198 - e-mail: mail.jhonatan@gmail.com

RESUMO

Na elaboração de projetos de Estações de Tratamento de Esgoto sanitário, a caracterização do efluente a ser tratado não é feita caso a cidade não possua uma estrutura de esgotamento sanitário já implantada. Em geral, os projetistas adotam parâmetros encontrados na literatura para o dimensionamento das estações de tratamento, que podem não condizer com as características do efluente da região de implantação. Foram avaliadas as concentrações de DBO₅ do esgoto sanitário bruto de 37 estações de tratamento de 31 cidades no ano de 2008. A concentração média de DBO₅ obtida foi de 410,39±159,68 mg.L⁻¹. Observando a variação sazonal entre as estações seca e chuvosa, foi encontrado valor médio de DBO₅ estatisticamente maior para o período de seca. Foi encontrada também a relação DBO₅/DQO, com o valor de 0,56±0,12.

PALAVRAS-CHAVE: Esgoto sanitário bruto, DQO, método t-student.

INTRODUÇÃO

Com o crescimento desenfreado da população mundial, aumenta-se a demanda por água, que é imprescindível para a manutenção da vida. O alto consumo aliado à contaminação promove a escassez de água potável impedindo, assim, o uso mais nobre deste bem, gerando conflitos (BRAGA et al., 2002). A concentração da população e as atividades antrópicas realizadas nas cidades e os resultados dessas atividades, como o esgoto, contribuem para a formação deste cenário.

O saneamento básico no Brasil é uma das várias questões que ainda não estão resolvidas e são fundamentais para o desenvolvimento do país. A falta de recursos e de uma maior atenção do poder público reflete na fragilidade dos serviços de saneamento básico oferecidos em muitas cidades brasileiras.

Devido a essa defasagem, muitas Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) deverão ser construídas, para a melhoria da qualidade de vida da população. Em 2004, somente 34,6% dos municípios do Estado de Mato Grosso do Sul recebiam serviços de esgotamento sanitário (SNIS, 2005), mostrando a defasagem do serviço no Estado.

Percebe-se que grande parte da população ainda não é atendida com o serviço de esgotamento sanitário e que o esgoto gerado nas cidades, portanto, não é devidamente gerenciado. Então pode-se prever que a ocorrência de contaminação de águas subterrâneas e superficiais é relativamente alta, devido à disposição inadequada no solo e ao lançamento in natura. Esse tipo de prática acarreta sérios impactos negativos, principalmente, à saúde

e ao meio ambiente. O acesso a sistemas adequados de esgotamento sanitário é fundamental para a proteção das condições de saúde da população, pois possibilita o controle e a redução das doenças relacionadas à água contaminada (IBGE, 2004).

Contrapondo-se a esta situação de degradação da qualidade ambiental dos corpos hídricos surgem as ETEs. Estes sistemas são projetados para reduzir o impacto ambiental provocado pelo lançamento de poluentes de origem antrópica nos mananciais e a sua concepção deve estar atenta às circunstâncias nas quais cada comunidade está inserida. Desta maneira, o grau de tratamento, as operações e os processos que a constituem precisam atender aos anseios dos cidadãos, bem como às exigências ambientais, de saúde pública, legais, estéticas, econômicas e tecnológicas (JORDÃO & PESSÔA, 2005).

É necessária uma análise das diversas variáveis, antes da seleção do processo de tratamento, para que as necessidades sejam atendidas de forma equilibrada. Contudo, de acordo com o quadro em que o saneamento está inserido no Brasil e no Estado de Mato Grosso do Sul e com o anseio cada vez mais forte da população em ter um meio ambiente sadio e equilibrado, o custo e a eficiência são fatores que devem ser observados atentamente na hora desta decisão.

O custo de implantação de uma ETE depende diretamente do tipo de processo empregado e do grau de tratamento necessário, bem como de aspectos geográficos e topográficos (JORDÃO & PESSÔA, 2005). Com isto, sabendo que a área de uma ETE varia de acordo com os processos que a compõe, a análise da característica do efluente de chegada é indispensável para a seleção do tipo de tratamento e, conseqüentemente, da dimensão da área da ETE.

A água representa mais de 98% da composição do esgoto sanitário bruto, sendo o restante constituído por sólidos suspensos, sólidos dissolvidos inorgânicos, compostos orgânicos, nutrientes, etc. Por ser formado por esses tipos de substâncias, o esgoto passa a apresentar características físicas, químicas e biológicas que são prejudiciais à saúde do homem e ao meio ambiente, além de provocarem desconforto e deterioração estética (CAMPOS, 1999). Quando não tratadas, essas águas podem produzir maus odores oriundos da decomposição da matéria orgânica e gera proliferação de algas, graças a presença de nutrientes. Outra particularidade do esgoto sanitário é a presença de organismos patogênicos provenientes do trato intestinal dos humanos (METCALF & EDDY, 1991).

Contudo, dentre todas as características do esgoto sanitário, há um parâmetro que não pode ser omitido: a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). Ela é muito útil na engenharia sanitária, pelo fato de indicar o grau de poluição da água residuária (BRAGA et al., 2002).

É possível encontrar na literatura alguns valores de DBO utilizados por autores brasileiros e internacionais para a caracterização do esgoto sanitário bruto, conforme os valores indicados na tabela 1.

Tabela 1 – Valores encontrados na literatura para DBO₅ de esgoto sanitário bruto

Autor	DBO ₅ (mg.L ⁻¹)
Pessôa & Jordão (2005)	100~300
Nuvolari (2003)	300
Von Sperling (1996)	300
Henze; Harremoës; Jansen & Arvin (1997)	100~350
Mendonça (1990)	110~400
Imhoff & Imhoff (1986)	300

A quantidade de matéria orgânica presente, indicada pela determinação da DBO, é importante para se conhecer o grau de poluição de uma água residuária, para se dimensionar as estações de tratamento de esgoto e medir sua eficiência. Quanto maior o grau de poluição orgânica, maior a DBO, paralelamente, à medida que ocorre a estabilização da matéria orgânica, decresce a DBO (JORDÃO & PESSÔA, 2005).

Este estudo teve como objetivo caracterizar a DBO₅ do esgoto sanitário bruto do Estado de Mato Grosso do Sul, com o intuito de auxiliar na elaboração de projetos de ETEs inseridas no Estado e observar a variação devido à sazonalidade durante o período de um ano, avaliando o referido parâmetro das 37 estações de tratamento de esgotos em 31 municípios operadas pela Empresa de Saneamento do Estado de Mato Grosso do

Sul – SANESUL S.A. durante o período de janeiro a dezembro do ano de 2008. Também, foram estabelecidas as correlações entre a DBO₅ e a Demanda Química de Oxigênio (DQO).

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo se baseou em dados secundários gerados a partir das informações que constam nos relatórios de automonitoramento das estações operadas pela Empresa de Saneamento do Estado de Mato Grosso do Sul – SANESUL S.A., disponibilizado pela Gerência de Meio Ambiente e Ação Social, nos quais constam valores médios mensais dos parâmetros monitorados, do esgoto bruto que chega às ETEs. Para este estudo foram selecionados dados do período de janeiro a dezembro de 2008.

As amostras compostas foram coletadas durante um dia no mês, com duração de 24h e intervalo de 1h entre as coletas, resultando em dados médios mensais para cada ETE. As análises laboratoriais seguiram a metodologia preconizada pelo Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005).

As 37 ETEs estão situadas em 31 municípios do Estado, operados pela SANESUL S.A., havendo municípios com mais de uma ETE em operação (Tabela 2).

Dentre os parâmetros monitorados foi escolhida a DBO₅ para análise e estudos, devido à importância do parâmetro no estabelecimento do grau de poluição do esgoto e da relevante importância do parâmetro no dimensionamento de ETEs. O parâmetro DQO e a relação DBO₅/DQO também foram estudados, uma vez que o tempo de análise da DQO, cerca de 2h, é muito menor que o tempo de análise da DBO₅, cerca de 5 dias, podendo, assim, obter uma estimativa da DBO₅ utilizando-se dos resultados de DQO.

Tabela 2 – Cidades estudadas e quantidade de ETEs em cada cidade pesquisada de Mato Grosso do Sul.

Cidades	Nº de ETEs	Cidades	Nº de ETEs	Cidades	Nº de ETEs
1 Amambaí	2	12 Dourados	3	23 Nova Andradina	1
2 Anastácio	1	13 Fátima do Sul	1	24 Paranaíba	1
3 Antônio João	1	14 Itaporã	1	25 Pedro Gomes	2
4 Ap. do Tabuado	1	15 Jardim	2	26 Ponta Porã	1
5 Aquidauana	1	16 Jateí	1	27 Porto Murtinho	1
6 Bodoquena	1	17 Juti	1	28 Ribas do Rio Pardo	1
7 Bonito	1	18 Ladário	1	29 Rio Brilhante	1
8 Caarapó	1	19 Maracajú	1	30 Rio Verde de MT	1
9 Camapuã	1	20 Miranda	1	31 Três Lagoas	2
10 Cel. Sapucaia	1	21 Navirai	1		
11 Coxim	1	22 Nioaque	1	Total	37

A primeira análise feita, utilizando os dados de todas as cidades estudadas do Estado foi a média geral dos parâmetros DBO₅, DQO e DBO₅/DQO, para fins de comparação com valores citados na literatura e auxílio no dimensionamento de futuras estações de tratamento de esgoto sanitário no Estado de Mato Grosso do Sul.

Após a análise geral, foram feitas análises comparativas. A primeira comparação foi feita levando em consideração a sazonalidade, devido ao clima predominante no Estado, com duas estações bem definidas durante o ano, chuvosa e seca. Os dados foram estudados no Estado como um todo, divididos em estação chuvosa ou seca, compreendendo a estação chuvosa de janeiro a abril, estação seca de maio a outubro e novamente estação chuvosa de novembro a dezembro, com o intuito de verificar se há diferença significativa no valor encontrado em cada estação.

Em uma segunda análise comparativa, as cidades do Estado foram divididas em grupos por região, por bacia hidrográfica e por população total com o intuito, também, de verificar se existe uma diferença significativa entre esses grupos, podendo relacionar o valor da DBO₅ e, conseqüentemente o grau de poluição do esgoto sanitário bruto destes diferentes grupos.

A primeira divisão foi feita em 4 grupos baseados na localização das cidades em Norte, Sul, Leste e Oeste. O grupo do Norte contendo 4 cidades, grupo Sul com 14 cidades, grupo Leste com 4 cidades e grupo Oeste com 9 cidades.

A segunda divisão foi também baseada na localização das cidades por bacia hidrográfica. Desta vez em 2 grupos divididos entre as duas grandes bacias do Estado de Mato Grosso do Sul. O primeiro grupo com as cidades com área urbana situada dentro da área de drenagem da Bacia do Rio Paraná, contendo 17 cidades e o segundo grupo com as cidades com área urbana situada dentro da área de drenagem da Bacia do Rio Paraguai, contendo 14 cidades.

A terceira divisão foi baseada na população total das cidades, segundo contagem de população do IBGE – 2007, divididas em 4 grupos; no primeiro grupo cidades com população até 10 mil habitantes, contendo 5 cidades; no segundo grupo, cidades com população entre 10 mil e 20 mil habitantes, contendo 11 cidades; no terceiro grupo, cidades com população entre 20 mil e 40 mil habitantes, contendo 9 cidades; e no quarto grupo cidades com população maior que 40 mil habitantes, contendo 6 cidades.

Após a montagem dos dados e separação dos grupos realizou-se a análise estatística dos dados, através do software SigmaStat v3.1® (Systat Software, 2004), com o objetivo de se estabelecer a média para os parâmetros DBO₅, DQO e DBO₅/DQO no Estado do Mato Grosso do Sul. A análise estatística também teve como objetivo verificar se há diferença estatística significativa entre os períodos e grupos estudados.

O nível de confiança adotado em todas as análises estatísticas foi de 95%. Na análise estatística entre os parâmetros das estações seca e chuvosa foi utilizado o método t-student pareado. Na análise entre os parâmetros das bacias dos Rios Paraguai e Paraná e a análise geral do Estado foram feitas utilizando o método t-student de duas amostras independentes. Na análise dos parâmetros entre os grupos com mais de duas amostras independentes foi utilizado o método ANOVA de 1 via, utilizando-se do método de Tukey no pós-teste.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise geral dos dados sem a divisão por grupo utilizando os dados de todas as cidades foram estudadas, com a finalidade de encontrar a média dos parâmetros DBO₅, DQO e DBO₅/DQO. Para a DBO₅ (distribuição normal $p = 0,18$) $410,39 \pm 159,68 \text{ mg.L}^{-1}$ (média \pm desvio padrão), valor acima dos valores encontrados na literatura que são comumente usados no dimensionamento das ETEs do Estado podendo, estas estações, não gerar o efluente com as características esperadas pelos projetistas. Para o parâmetro DQO (não passou no teste de normalidade) foi obtido o valor de $957,75 \pm 1201,31 \text{ mg.L}^{-1}$ e para a relação DBO₅/DQO (distribuição normal $p = 0,087$) foi encontrado o valor de $0,56 \pm 0,12$ indicando, em geral, ser biologicamente tratável.

Após a análise estatística geral foi feita a análise estatística entre as estações seca e chuvosa. Foi possível observar que a DBO₅ foi estatisticamente maior na estação seca que na estação chuvosa, onde a média calculada para a estação seca foi de $444,27 \pm 116,57 \text{ mg.L}^{-1}$ e para a estação chuvosa $356,83 \pm 128,40 \text{ mg.L}^{-1}$ (distribuição normal, t-student pareado, probabilidade de erro (p) $< 0,001$), conforme mostra o gráfico da figura 1.

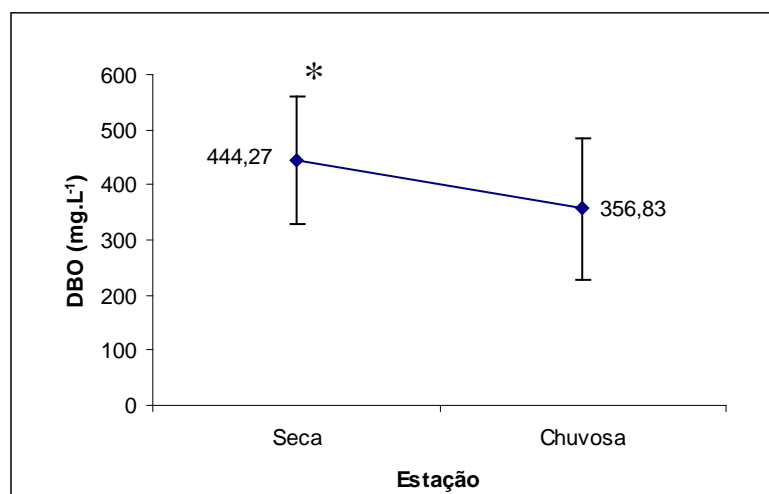


Figura 1. Valores de DBO₅ entre as estações seca e chuvosa.

*Diferença significativa em relação à estação chuvosa.

A diferença significativa entre estas duas estações climáticas pode estar relacionada com a infiltração de água pluvial na rede coletora de esgoto e ligações de imóveis onde a captação das águas pluviais é lançada na rede coletora de esgoto, fazendo com que o esgoto bruto que chega até às ETES durante o período das estações chuvosas sofra uma diluição, diminuindo a concentração de matéria orgânica e, conseqüentemente a DBO₅.

Ao contrário da DBO₅ a DQO e DBO₅/DQO não apresentaram uma diferença estatística significativa entre as estações seca e chuvosa (t-student pareado, $p = 0,08$ e $p = 0,44$ respectivamente).

Na análise comparativa entre os grupos Norte, Sul, Leste e Oeste, no parâmetro DBO₅ houve diferença estatística significativa entre as regiões (distribuição normal $p = 0,451$, ANOVA de 1 via, $p = 0,02$), sendo que na região Leste foi maior que na região Norte (pós-teste de Tukey $p = 0,014$), com valores de $571,58 \pm 270,48$ mg.L⁻¹ e $327,30 \pm 117,13$ mg.L⁻¹ respectivamente, como mostra a figura 2.

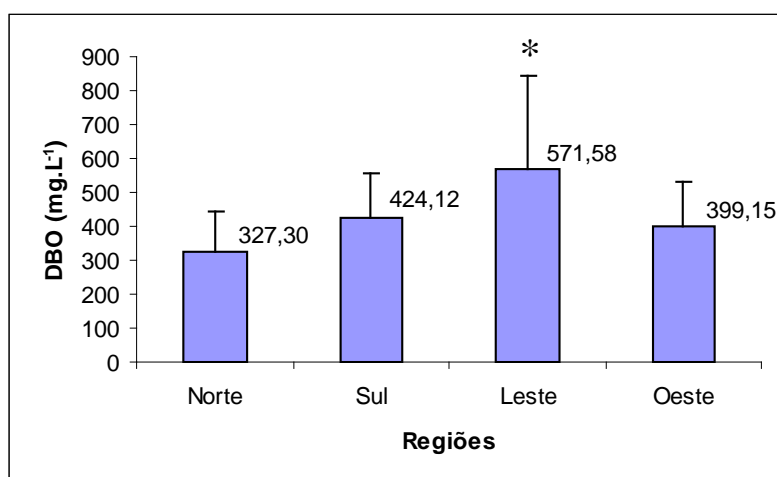


Figura 2. Comparação dos valores de DBO₅ para as cidades divididas em grupos Norte, Sul, Leste e Oeste.

*Diferença significativa em relação à região Norte.

Para a relação DBO₅/DQO não houve diferença estatística significativa entre as regiões, descartando a hipótese que haja uma grande diferença no esgoto bruto, entre essas regiões do Estado de Mato Grosso do Sul.

Na análise comparativa entre os grupos da Bacia do Rio Paraná e Bacia do Rio Paraguai não houve diferença estatística significativa para o parâmetro DBO₅. Porém, para o parâmetro DQO na Bacia do Rio Paraguai foi maior estatisticamente. Para a DQO os valores encontrados foram de $790,39 \pm 211,61$ mg.L⁻¹ para a Bacia do

Rio Paraná e $1.267,07 \pm 1.254,77 \text{ mg.L}^{-1}$ para a Bacia do Rio Paraguai (os dados não seguiram distribuição normal, t-student, $p = 0,03$), como mostra a figura 3. O valor de desvio padrão alto para a Bacia do Rio Paraguai se deve a algumas cidades com valores de DQO médios muito distante da média.

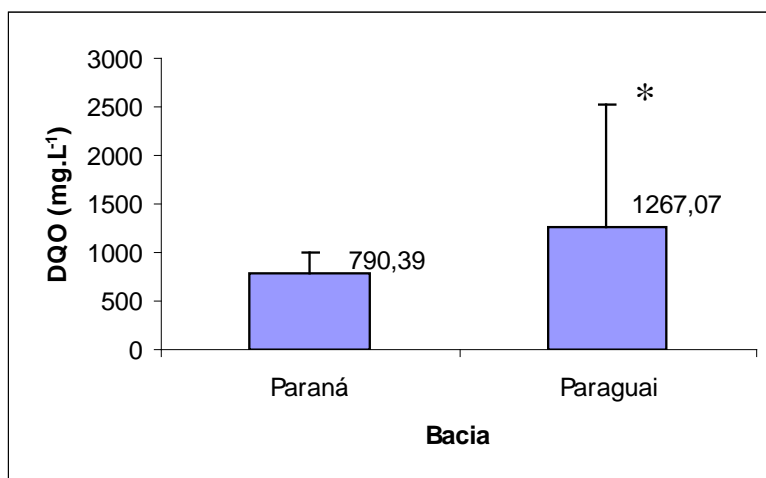


Figura 3. Comparação dos valores de DQO encontrados entre as cidades da Bacia do Rio Paraná e da Bacia do Rio Paraguai.

*Valores estatisticamente maiores para as cidades da Bacia do Rio Paraguai.

A diferença significativa encontrada entre as duas bacias hidrográficas pode ser devido à formação geológica da área de captação da água de abastecimento público das cidades como Bodoquena, Bonito, Jardim, Miranda e Ladário, cidades localizadas em regiões de formação cárstica, com solos constituídos de rochas calcárias que podem fornecer à água alguma substância inorgânica capaz de consumir o oxigênio da água, elevando os valores de DQO, ou até mesmo altos valores de Óleos e Graxas presentes no esgoto, oriundos de ligações clandestinas ou ligações onde não há a previa passagem do esgoto pela caixa de gordura.

Na Bacia do Rio Paraguai, a relação DBO_5/DQO foi estatisticamente menor, já que na DBO_5 não há diferença e no parâmetro DQO essa diferença é significativa, tendo sido obtido $0,58 \pm 0,06$ para a Bacia do Rio Paraná e $0,54 \pm 0,08$ para a Bacia do Rio Paraguai (distribuição normal, t-student $p = 0,025$), conforme mostra a figura 4.

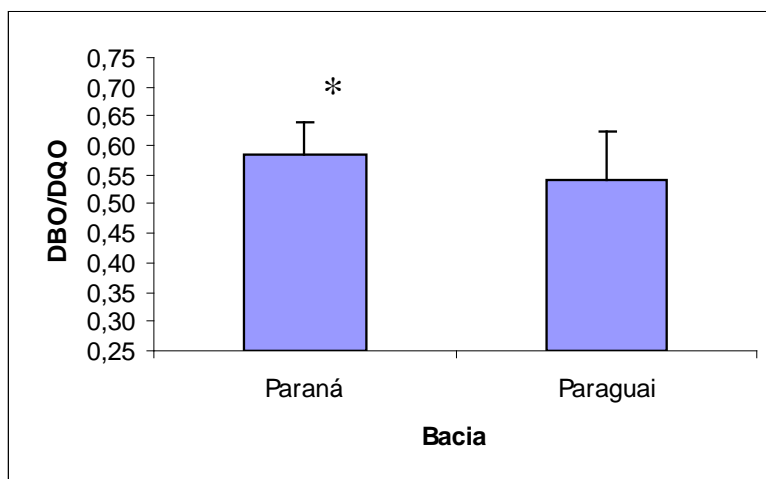


Figura 4. Comparação dos valores de DBO_5/DQO encontrados entre as cidades da Bacia do Rio Paraná e da Bacia do Rio Paraguai.

*Valores estatisticamente maiores para as cidades da Bacia do Rio Paraguai.

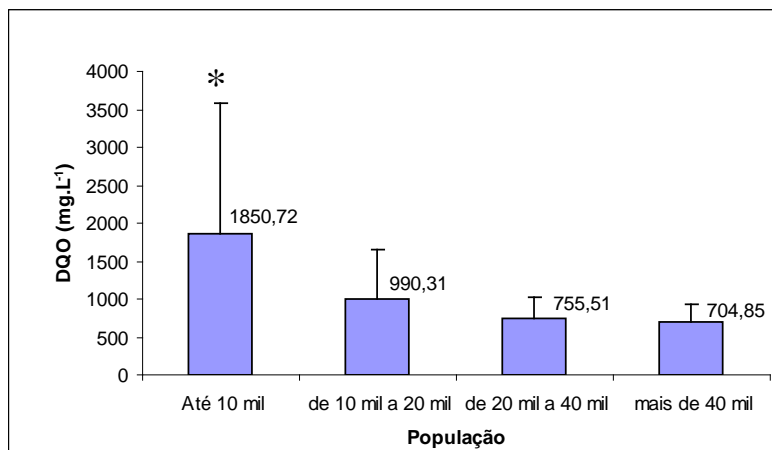


Figura 5. Comparação dos valores de DQO encontrados entre os grupos de cidades divididos por população.

*Valores estatisticamente maiores para as cidades com população menor que 10 mil habitantes.

Na análise comparativa entre os grupos de cidades por população total não houve diferença estatística significativa para DBO₅ e DBO₅/DQO. Porém, para a DQO, o grupo de cidades com população menor que 10 mil habitantes foi estatisticamente maior em relação aos outros grupos (os dados não seguiram a distribuição normal, ANOVA de 1 via $p = 0,005$), conforme mostra a figura 5.

CONCLUSÕES

Conforme as análises estatísticas realizadas com dados de 37 Estações de Tratamento de Esgoto de 31 cidades do Estado operadas pela SANESUL S.A., no ano de 2008, o esgoto sanitário bruto do Estado de Mato Grosso do Sul apresentou o valor de $410,39 \pm 159,68 \text{ mg.L}^{-1}$ para o parâmetro DBO₅, valor acima dos valores encontrados na literatura podendo, o esgoto das cidades estudadas, ser caracterizado como “forte”.

Outra característica possível de se observar foi a variação da concentração da DBO₅ ocasionadas pela sazonalidade, onde a DBO₅ é menor no período chuvoso, provavelmente devido a contribuição das águas pluviais e ligações de imóveis onde a captação das águas pluviais é lançada na rede coletora de esgoto, diluindo o esgoto e diminuindo, assim, a concentração de matéria orgânica.

Foi possível estabelecer uma correlação entre os valores de DBO₅ e DQO que foi de $0,56 \pm 0,12$, para se ter uma estimativa do valor de DBO₅ a partir do valor da DQO, uma vez que este parâmetro pode ser analisado em menor tempo e ter um custo relativamente mais baixo.

As análises estatísticas também nos forneceram a informação de que no ano de 2008 a DQO das cidades situadas na Bacia do Rio Paraguai apresentaram valores maiores que a de cidades situadas na Bacia do Rio Paraná podendo, esta relação, ser objeto de futuros estudos identificando qual a razão para esta diferença entre as bacias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AWWA/APHA/WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th. ed. Washington: APHA, 2005.
2. BRAGA, B. et al. Introdução a Engenharia Ambiental. São Paulo: Prentice Hall, 2002.
3. CAMPOS, J. R. Tratamento de esgoto sanitário por processo anaeróbico e disposição controlada no solo. Rio de Janeiro: PROSAB, 1999.
4. HENZE, M. C. Wastewater treatment – Biological and chemical processes. 2º Ed. New York: Springer, 1997
5. IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Indicadores de desenvolvimento sustentável – Brasil 2004. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acessado em: 19 Set. 2009.
6. IMHOFF, K. R.; IMHOFF, K. Manual de tratamento de águas residuárias. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTDA, 1986.

7. JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. Tratamento de Esgoto Doméstico. 4ed. Rio de Janeiro: ABES, 2005.
8. MENDONÇA, R. S. et al. Lagoas de estabilização e Aeradas mecanicamente: Novos conceitos. João Pessoa: Sindicato Nacional dos Editores de Livros, 1990.
9. METCALF & EDDY, Inc. Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse. 3rd ed New York: McGraw-Hill International Editions, 1999.
10. NUVOLARI, A. Esgoto sanitário – Coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTDA, 2003.
11. SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Visão Geral da Prestação dos Serviços de Água e Esgotos – 2004. Brasília, 2005.
12. VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – Princípios básicos de tratamento de esgoto. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - DESA, UFMG, 1996.