

IV-041 - ESTUDO DA QUALIDADE DA ÁGUA E DA CAPACIDADE DE AUTODEPURAÇÃO DO RIBEIRÃO GRIMPAS – GO

Samara Silva Soares⁽¹⁾

Engenheira Ambiental e Sanitarista pela Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás (EECA/UFG). Mestranda em Engenharia Ambiental e Sanitária na EECA/UFG.

Vivianne Rodrigues da Silva⁽²⁾

Engenheira Ambiental e Sanitarista pela Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás (EECA/UFG).

Paulo Sergio Scalize⁽³⁾

Engenheiro Civil e Biomédico com Mestrado e Doutorado em Hidráulica e Saneamento pela USP São Carlos. Professor Adjunto da Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás.

Eduardo Queija de Siqueira⁽⁴⁾

Engenheiro Civil e Doutor em Engenharia dos Recursos Hídricos pela University of Guelph (Canadá), Professor Associado da Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás.

Pâmella Thamires Silva de Araújo⁽⁵⁾

Engenheira Ambiental e Sanitarista pela Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás (EECA/UFG). Mestranda em Engenharia Ambiental e Sanitária na EECA/UFG.

Endereço⁽¹⁾: Rua 265 B, 35 – Setor Leste Universitário - Goiânia - GO - CEP: 74610-310 - Brasil - Tel: +55 (62) 3998-1302 - e-mail: samara.y8@gmail.com

RESUMO

A escassez de água e a poluição dos ambientes aquáticos têm levado a intensificação de estudos, desenvolvimento de métodos e estratégias para a gestão e manutenção da quantidade e qualidade dos recursos hídricos. Neste contexto temos a presença dos modelos de sistemas ambientais que são ferramentas matemáticas que possibilitam a avaliação da autodepuração de um corpo hídrico. Este estudo foi desenvolvido de modo a verificar a existência de correlação entre os parâmetros físico-químicos e microbiológicos com o coeficiente de desoxigenação (K_1) e a demanda bioquímica última de oxigênio (DBO_u), e propor um modelo que melhor representasse estes parâmetros. Para isso, foram realizadas quatro campanhas de coleta de água no período de fevereiro a maio de 2015, no ribeirão Grimpas, localizado no município de Hidrolândia. Foram ainda efetuadas medições de vazão e demais características hidráulicas tais como, profundidade e perímetro das seções transversais do ribeirão. As análises laboratoriais de pH, cor aparente, turbidez, condutividade elétrica, sólidos totais, sólidos suspensos totais, sólidos totais dissolvidos, matéria orgânica, DBO, coliformes totais e *E. coli* foram realizadas no Laboratório de Análises de Águas da Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás (EECA/UFG). Os resultados demonstraram uma variabilidade temporal dos valores de vazão em função da sazonalidade e observou-se também que com o aumento da vazão há perda da qualidade dos parâmetros físico-químicos. Os parâmetros físico-químicos proporcionaram correlações entre si e com a vazão, porém o mesmo não foi verificado entre a DBO_u e o K_1 . As concentrações da DBO_u foram de 0,8 mg/L a 2,7 mg/L. Os valores obtidos experimentalmente para o K_1 ficaram compreendidos entre 2,29 d⁻¹ e 8,29 d⁻¹. Todos os parâmetros analisados atenderam à Resolução CONAMA 357/2005, exceto a cor verdadeira, que no mês de abril, período de chuvas e ocorrência da maior vazão, excedeu o valor máximo permitido em 8 mg PtCo/L. A relação entre a DBO_u e a DBO_5 foi igual a 1, visto que no quinto dia já se atingiu a demanda total de oxigênio. Buscou-se obter uma correlação entre K_1 e DBO_u com os parâmetros de qualidade da água medidos, porém isto não foi possível. A correlação de K_1 e DBO_u com a maioria dos parâmetros foi fraca, o que inviabilizou a construção de um modelo matemático que representasse o corpo hídrico em questão.

PALAVRAS-CHAVE: Demanda Bioquímica de Oxigênio, Vazão, Correlação, Oxigênio Dissolvido.

INTRODUÇÃO

A escassez de água e a poluição dos ambientes aquáticos têm levado à necessidade cada vez maior do uso de estratégias de gestão e manutenção da quantidade e qualidade dos recursos hídricos. Quando uma carga poluidora orgânica é lançada no corpo d'água, esta sofre um processo natural de degradação chamado de autodepuração.

Os processos de autodepuração podem ser descritos por meio da modelagem matemática de qualidade da água, uma técnica que tem mostrado excelentes resultados na elaboração de prognósticos da qualidade da água em corpos hídricos. Os modelos permitem a simulação de distintos cenários de intervenção e compará-los. Os resultados auxiliam na tomada de decisão, planejamento e na realização de ações que visem a conservação e a preservação ambiental (RODRIGUES, 2012).

Há ainda poucos trabalhos que estudam e quantificam a magnitude da autodepuração em rios no Brasil. Isto dificulta o uso dos modelos na gestão de recursos hídricos. Uma das dificuldades é a ausência de dados sobre parâmetros cinéticos que descrevem as reações dos processos bioquímicos na água (BRANDELERO, 2008). Frequentemente, na modelagem, estes parâmetros são obtidos da literatura que se baseia em estudos de rios de clima temperado. Além disto, a obtenção destes parâmetros como o K_1 , coeficiente de desoxigenação, pode ser bastante laborioso o que muitas vezes dificulta o emprego de modelos de qualidade da água.

Este trabalho se propõe a quantificar parâmetros essenciais na modelagem do oxigênio dissolvido (OD) e da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e também buscar correlacioná-los com características das águas que sejam mais facilmente mensuráveis. Ainda neste sentido, este trabalho teve por objetivos: (1) Verificar a existência da correlação do coeficiente de desoxigenação K_1 e a demanda bioquímica última de oxigênio (DBOu) com a quantidade e qualidade da água do ribeirão Grimpas incluindo parâmetros físico-químicos e bacteriológicos; (2) Avaliar a variabilidade espacial do coeficiente K_1 e DBOu; (3) Quantificar a relação entre a DBOu e a DBO5; (4) Avaliar o atendimento à legislação ambiental dos dados investigados de acordo com a Resolução CONAMA n°. 357/2005.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram selecionados quatro pontos de coleta em um trecho de 1000 m do ribeirão Grimpas (Tabela 1), compreendido entre 10 m a montante da captação de água bruta da Estação de Tratamento de Água (ETA) de Hidrolândia até 145 m a jusante do lançamento do efluente proveniente da lavagem dos filtros e decantadores da ETA. As coletas foram realizadas nos meses de fevereiro, março, abril e maio de 2015.

Tabela 1 – Descrição dos pontos de coletas e suas respectivas coordenadas geográficas.

Ponto de coleta	Trecho acumulado (m)	Descrição	Coordenadas
1	0	10 m a montante da captação	16°57'17.77"S e 49°14'42.53"O
2	175	89 m a montante da Rodovia	16°57'20.34"S e 49°14'34.60"O
3	825	40 m a jusante do ponto de lançamento do efluente da ETA	16°57'25.91"S e 49°14'12.05"O
4	1.000	145 metros a jusante do ponto de lançamento do efluente da ETA	16°57'27.55"S e 49°14'9.47"O

Os parâmetros medidos no instante da coleta foram a temperatura e o oxigênio dissolvido, sendo utilizado para isso um oxímetro portátil da marca Hach, modelo HQ 30d.

A medição de vazão foi realizada nos pontos 1 e 3 pelo método do flutuador, devido às pequenas dimensões do corpo d'água (a profundidade e o fluxo de água não permitiram a utilização de outros equipamentos). O processo de medição de vazão consistiu na aferição da largura do canal com o auxílio de uma trena. As profundidades foram medidas utilizando uma haste de madeira demarcada na vertical e na escala métrica, com

medições a cada 20 cm no ponto 1 e a cada 10 cm no ponto 3 ao longo da largura do canal. A velocidade média do fluxo foi estimada, pela média aritmética de 10 repetições das medidas, utilizando um flutuador posicionado no eixo central do canal e que se deslocava a uma distância pré-fixada, marcando-se o tempo decorrido. A velocidade era então calculada para cada medida dividindo-se o espaço percorrido pelo tempo.

A avaliação da qualidade da água do ribeirão Grimpas foi realizada no Laboratório de Análises de Águas da EECA-UFG por meio das análises físico-químicas e microbiológicas-conforme (APHA-AWWA-WEF, 2012), descritas na Tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetros e métodos empregados para análise da qualidade da água do ribeirão Grimpas.

Parâmetro	Unidade	Método*	Descrição
Temperatura	°C	2550 B	Termometria
Oxigênio dissolvido (OD)	mg/L	4500 G	Eletroquímico
pH	-	4500 B	Eletrodométrico
Cor aparente	mg PtCo/L	2120 B	Espectofotométrico
Cor verdadeira	mg PtCo/L	2120 B	Espectofotométrico
Turbidez	UNT	2130 B	Nefelométrico
Condutividade Elétrica (CE)	µS/cm	2510 B	Potenciométrico
Sólidos Totais (ST)	mg/L	2540 B	Gravimétrico
Sólidos Suspensos Totais (SST)	mg/L	2540 D	Gravimétrico
Matéria Orgânica (MO)	mg/L	-	Permanganometria em meio ácido
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	mg/L	5210 B	Respirométrico
Coliformes Totais	NMP/100 mL	9223 B	Substrato Cromogênico Definido
<i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>)	NMP/100 mL	9223 B	Substrato Cromogênico Definido

* Numeração dos métodos de acordo com APHA-AWWA-WEF, 2012.

Afim de verificar o decaimento da matéria orgânica foram realizadas análises diariamente ao longo de 5 dias.

Para a análise de DBO foi utilizado o equipamento da marca Hach, modelo BOD Track™ II. O consumo de oxigênio foi medido em intervalos de 20 minutos, durante um período de 10 dias. O processo de modelagem dos dados seguiu os seguintes passos: (1) os dados foram baixados do equipamento BOD Track™ II; (2) foi plotado um gráfico de DBO contra o tempo; (3) foram calculados o coeficiente K_1 e a DBO_u ; por meio de ajuste do modelo aos dados experimentais utilizando o método dos mínimos quadrados (4) foram ainda realizados os cálculos de vazão; (5) foram tabulados os dados de qualidade da água, hidráulicos, K_1 e DBO_u ; (6) foi feita uma análise de correlação entre as variáveis.

A análise de correlação foi realizada com auxílio do programa computacional SciDavis, utilizando o coeficiente de correlação de Pearson como função de avaliação. Buscou-se, por meio de regressões lineares e não lineares analisar a relação entre as variáveis. Na análise considerou-se valores do coeficiente acima de 0,7 como uma forte correlação e de 0,39 a 0,69 como uma correlação moderada.

RESULTADOS OBTIDOS

Na Figura 1 estão apresentados os resultados das dez medições de vazão nos pontos 1 e 3 no período estudado, juntamente com a média em cada ponto. Pode-se observar uma variabilidade temporal dos valores de vazão, em que nos meses de fevereiro e março obteve-se valores mais baixos, com média entre 0,10 e 0,24 m³/s e nos meses de abril e maio ocorreu um aumento da vazão, com média compreendida entre 0,34 m³/s e 0,51 m³/s. A profundidade média, varia entre 0,18 e 0,33 m, a largura de 1,7 a 4,9 m e a velocidade entre 0,15 e 0,75 m/s.

Pode-se observar que a vazão do ponto 3 nas campanhas amostrais do mês de fevereiro, março e maio é menor em relação a vazão do ponto 1, com exceção da campanha do mês de abril, onde a vazão do ponto 3 foi ligeiramente maior. Isso pode ser explicado pela presença da captação de água para abastecimento público

entre os dois pontos, ser aproximadamente de 0,02 m³/s. Além disso, abril foi o mês de ocorrência de maior precipitação e os pontos a jusante podem ter recebido contribuição de afluentes ou afloramentos que incrementasse a vazão nesse trecho.

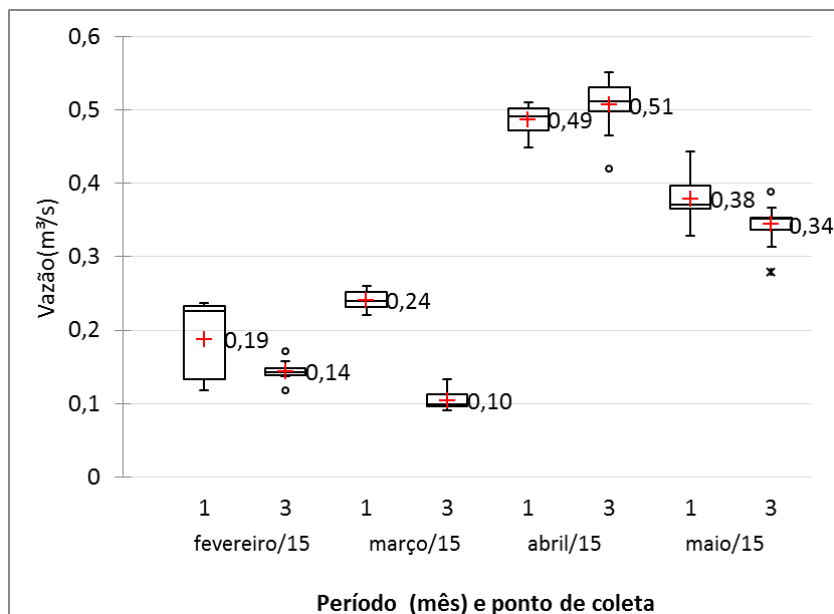


Figura 1 – Resultado das medições de vazão nos pontos 1 e 3 nos meses de fevereiro a maio de 2015, destacando os valores médios.

O OD foi obtido no instante da coleta entre temperaturas de 23,4 a 25,9 °C. Pode ser observada na Figura 2a um aumento das concentrações de OD no sentido de fevereiro a maio, com maiores valores no ponto 3 e menores no ponto 2, em razão de altas velocidades da corrente de água existente no ponto 3, sendo um trecho composto por pedras e consequentemente quedas d'água que contribui para a reaeração do curso d'água.

Foi constatada (Figura 2b) uma variação de OD entre 6,96 e 7,58 mg/L no trecho pesquisado e em cada campanha de coleta. Foi evidenciado um coeficiente de variação entre 0,015 e 0,028, sendo o maior valor presente na campanha de coleta do mês de maio.

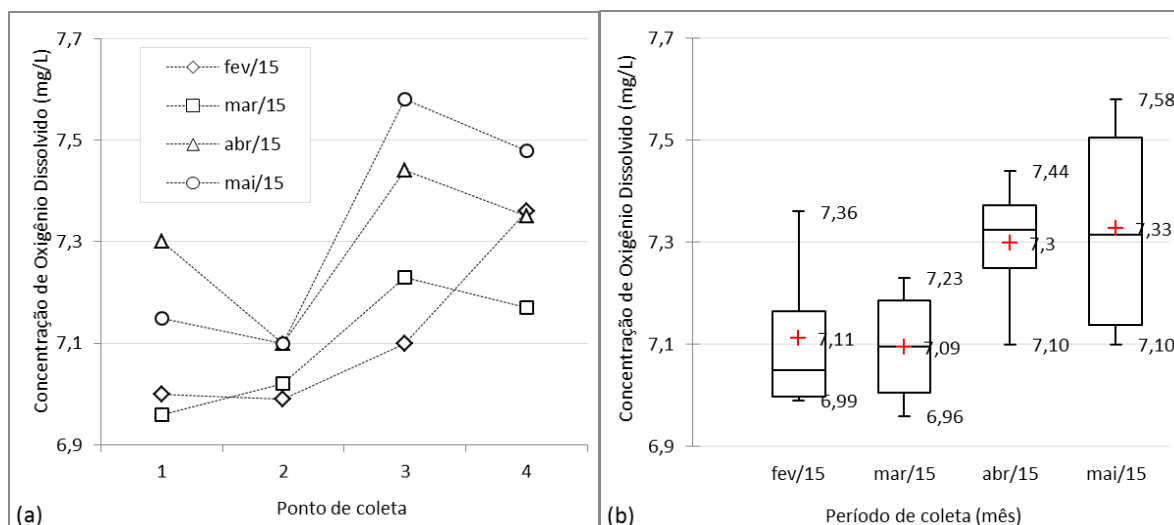


Figura 2 – Variação da concentração de Oxigênio Dissolvido em cada ponto de coleta durante o período de fevereiro a maio de 2015 (a) bem como em cada campanha de coleta no trecho pesquisado (b).

A análise do decaimento da matéria orgânica pode ser observada na Figura 3, sendo construída com os resultados das análises realizadas nas amostras coletadas em cada um dos 4 pontos da segunda campanha (março/15). A quantidade de matéria orgânica foi determinada diariamente em um período de 5 dias, tendo sido obtido um coeficiente de decaimento da matéria orgânica de $0,19 \text{ d}^{-1}$ e uma concentração inicial de $9,74 \text{ mg/L}$.

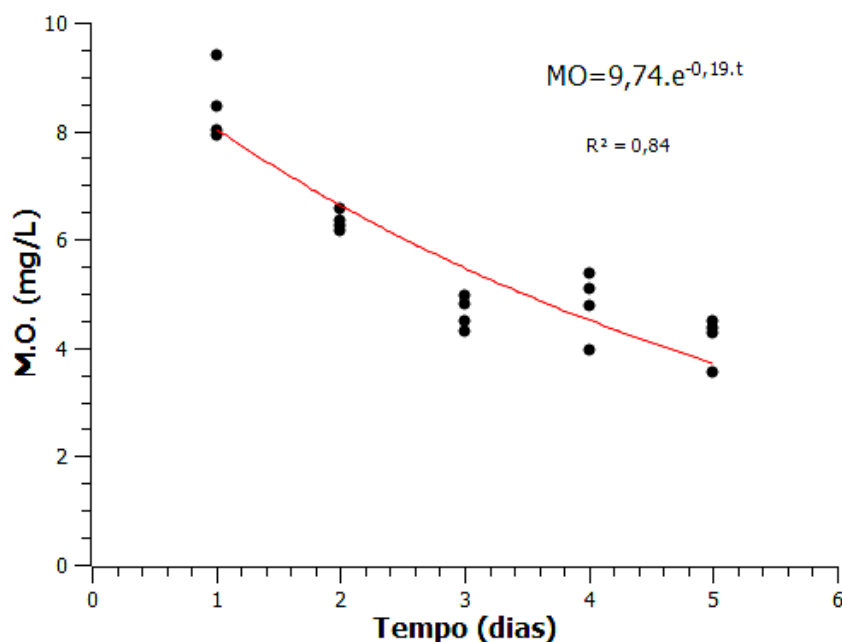


Figura 3 – Resultado do decaimento da matéria orgânica obtido em um período de 5 dias em cada um dos 4 pontos de coletas da segunda campanha realizada no mês de março de 2015.

As correlações realizadas entre os parâmetros analisados com a vazão do ribeirão Grimpas são identificadas na Figura 4, onde se mostra o ajuste de uma regressão não linear com sua respectiva equação e seu R^2 . Utilizou-se para essa análise a média dos resultados da vazão entre os pontos 1 e 3 para as coletas realizada nos meses de março, abril e maio, ou seja, na segunda, terceira e quarta coleta.

Pode-se verificar uma boa correlação entre os parâmetros físico-químicos e a vazão, uma vez que os coeficientes de correlação ficaram acima de 0,7, destacando a M.O., a cor aparente e a turbidez com os melhores coeficientes de correlação. A cor verdadeira obteve um R igual a 0,84, os SST, igual a 0,95 e a Profundidade Média, igual a 0,93.

Não se aferiu um bom coeficiente de correlação da DBO_u com a vazão, como mostra a Figura 4d, devido à grande dispersão dos dados, mas percebe-se por meio de inspeção visual dos dados, que a DBO_u decai com o aumento da vazão. Nota-se ainda que na Figura 4a a M.O. cresce com o aumento da vazão e na Figura 4d a DBO_u decresce com o aumento da vazão.

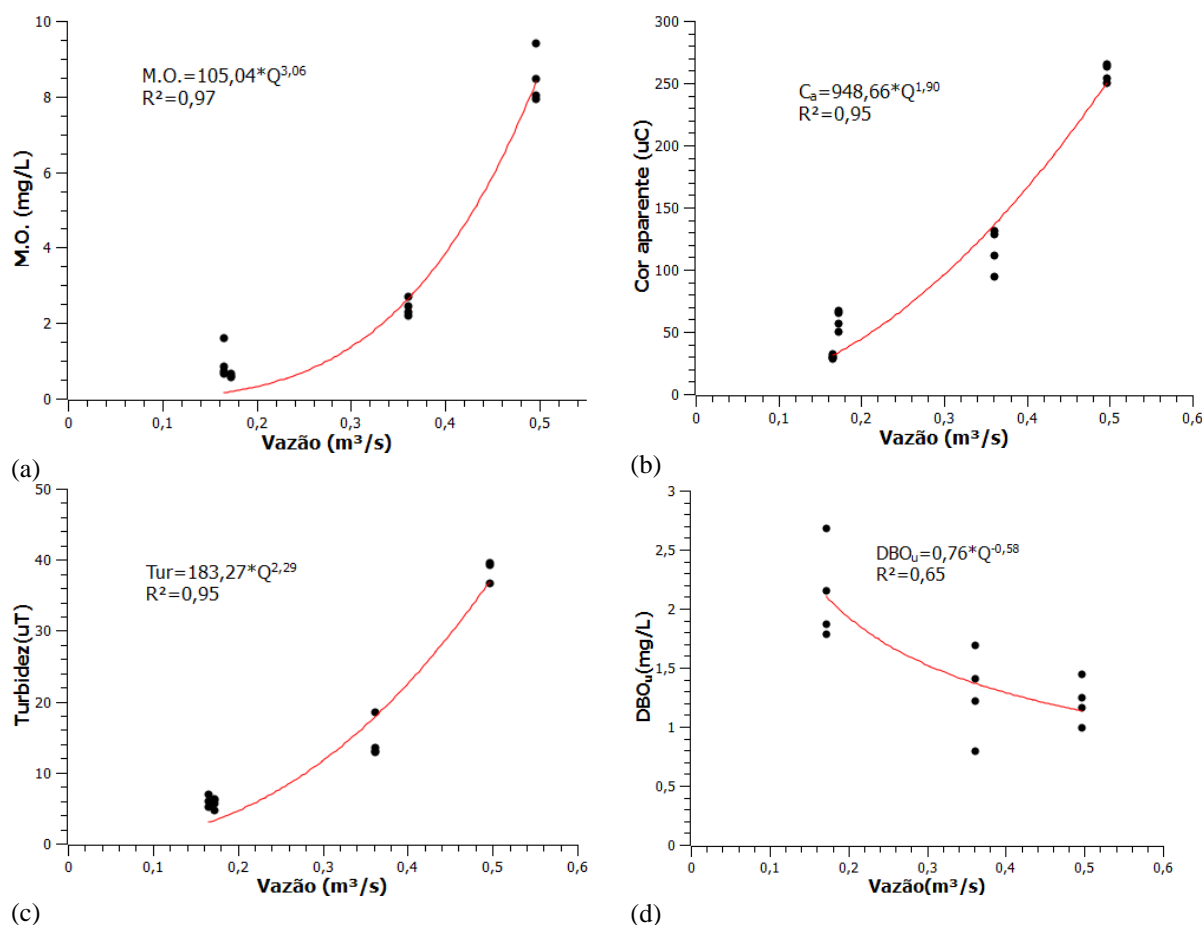


Figura 4 – Resultado das correlações realizadas entre a matéria orgânica (a), cor aparente (b), turbidez(c) e DBOu com a vazão no mês de março, abril e maio de 2015.

Os parâmetros físico-químicos que apresentaram uma covariância com a DBOu foram os SST e os STD. Os coeficientes de correlação da regressão não linear (Figura 5a) e da regressão linear (Figura 5b), também foram baixos devido à dispersão dos dados, mas diante de inúmeras variáveis, pode-se dizer que eles possuem uma certa interdependência. A parcela dissolvida das partículas de sólidos é predominante orgânica aumentando a DBO, como visto na Figura 5b.

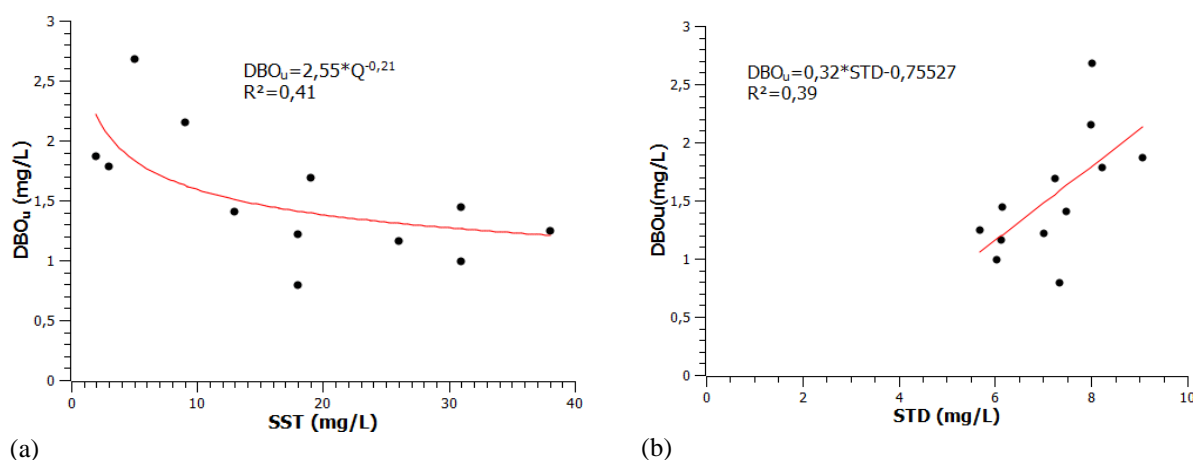


Figura 5 – Regressão não linear entre a DBOu e SST (a) e regressão linear entre a DBOu e STD (b).

Os parâmetros físico-químicos apresentaram boa correlação entre si, onde os seus coeficientes ficaram acima de 0,7 através de regressão linear (Figuras 6 e 7). Destacam-se as correlações entre turbidez e cor aparente (Figura 6d) e, M.O. e turbidez (Figura 7c), com valor do coeficiente de correlação (R) com 0,98 e 0,99, respectivamente. Para a estimativa da M.O., essa equação de regressão é útil, uma vez que o procedimento de análise é minucioso e demorado, podendo assim, ser aplicada a equação obtida em função da turbidez, parâmetro rápido e prático de se estimar.

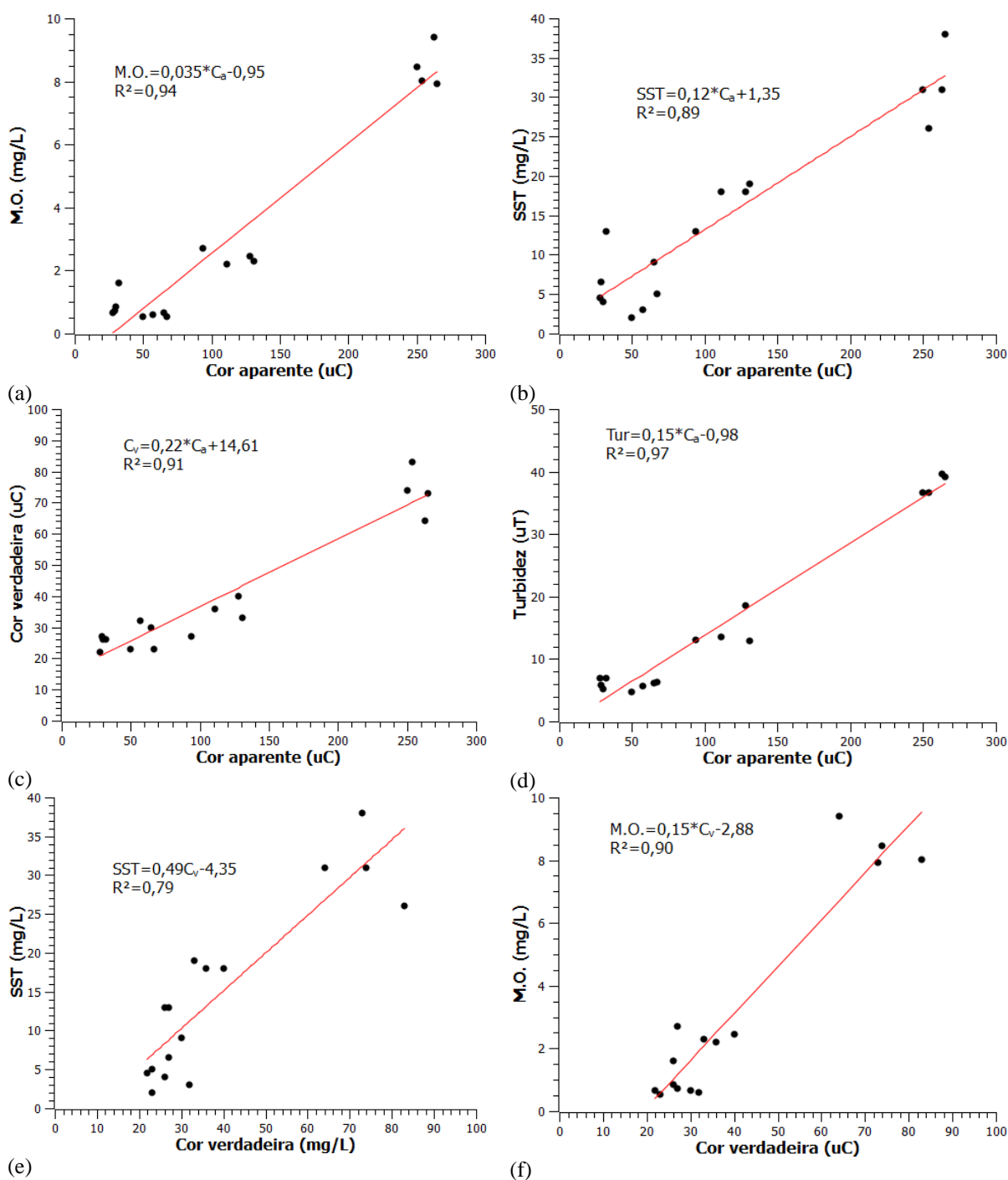


Figura 6 – Resultado das regressões lineares dos parâmetros físico-químicos com a cor aparente (a), (b), (c), e (d) e com a cor verdadeira (e) e (f).

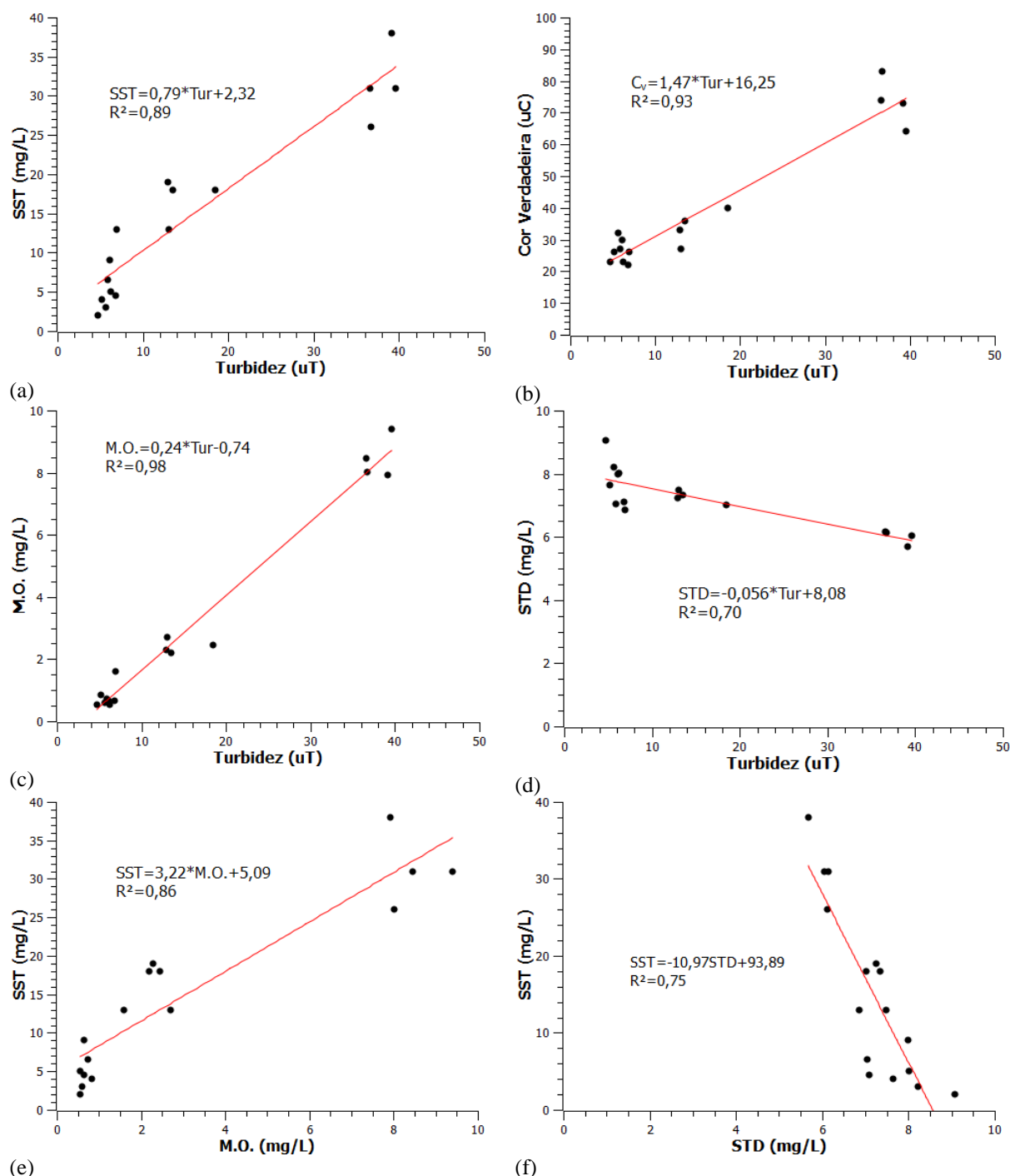


Figura 7 - Resultado das regressões lineares dos parâmetros físico-químicos com a turbidez (a), (b), (c), e (d), com a M.O. (e) e STD (f).

Os resultados apresentados para a DBOu e o K_1 foram obtidos a partir de análises realizadas em duplicatas em todas as coletas. As amostras de água permaneceram no equipamento para a leitura pelo período de dez dias para avaliação do tempo necessário de consumo de oxigênio e estabilização da curva de DBO. Os valores médios obtidos da DBOu e de K_1 nos quatro pontos amostrais em todas as coletas foram respectivamente 1,56 mg/L e 5,48 d⁻¹. Na Figura 8 está apresentado o resultado de apenas um ponto em uma coleta realizada no período estudado.

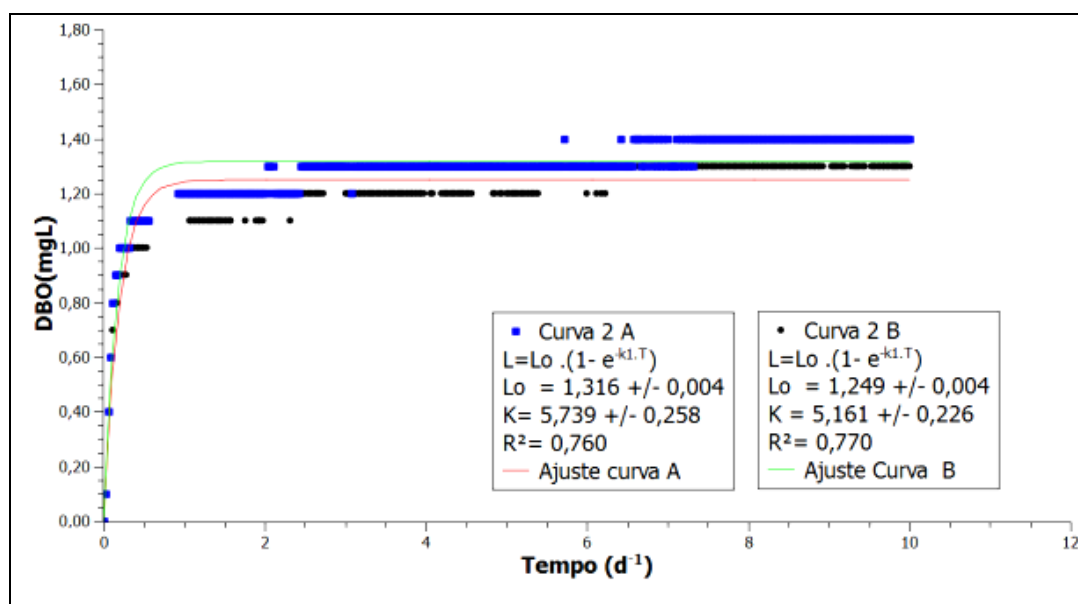


Figura 8 - Progressão da DBO em função do tempo do segundo ponto de coleta analisada em duplicata e realizada em abril (terceira coleta).

A Figura 9 apresenta a variabilidade temporal e espacial do coeficiente de desoxigenação (K_1) em que se observa a grande amplitude de valores obtidos para o ribeirão Grimpas. De todas as maneiras observa-se valores ligeiramente superiores em abril, mês em que os parâmetros físico químicos também foram mais altos.

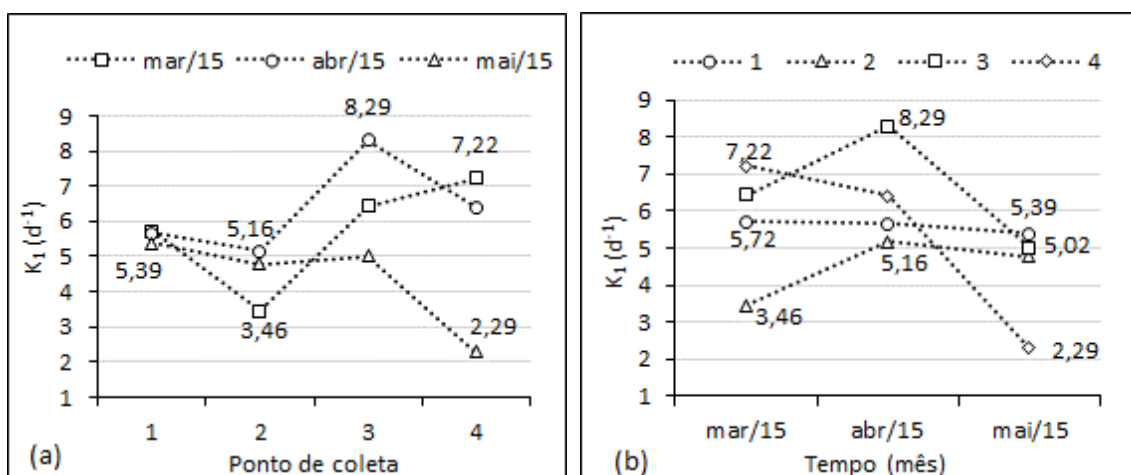


Figura 9 - Variação temporal (a) e espacial (b) do coeficiente de desoxigenação, K_1 .

Brandelero (2008) obteve valores de K_1 para o rio Meia Ponte (médio porte) entre 0,12 d⁻¹ e 1,05 d⁻¹, entre a seca e a estação chuvosa, respectivamente. Já Barbara (2006), obteve os valores de K_1 entre 0,20 d⁻¹ a 0,29 d⁻¹ para o rio Araguari, um rio amazônico de grandes dimensões. No ribeirão Grimpas os valores de K_1 foram de 2,29 d⁻¹ a 8,29 d⁻¹, valores bastante altos em comparação com os de Brandelero (2008) e de Barbara (2006). Mas deve-se levar em consideração as proporções em dimensão e vazão dos rios estudados. O ribeirão Grimpas é estreito e raso, possuindo baixa vazão, o que pode explicar o aumento de K_1 .

A Tabela 3 compara os dados de qualidade da água obtidos do ribeirão Grimpas com os valores máximos permitidos (VMP) pela Resolução CONAMA 357 de 2005, em corpos hídricos enquadrados como classe 2. Todos os parâmetros atenderam os limites estabelecidos pela resolução, exceto a cor verdadeira que ficou 8 mg PtCo/L acima do VMP.

Tabela 3 – VMP para os Padrões de Qualidade das Águas para Classe II - Resolução 357 e valores obtidos do ribeirão Grimpas.

	Turbidez (UNT)	pH	STD (mg/L)	Cor verdadeira (mg PtCo/L)	DBO_{5,20} (mg/L)	OD (mg/L)
Limites CONAMA	100	6,0 – 9,0	500	75	≤ 5	≥ 5
Resultados obtidos	(4,7 – 39,6)	(6,0 – 6,8)	(5,7 – 9,1)	(22 – 83)	(0, 8 – 2,7)	(6,96 – 7,58)

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

O ribeirão Grimpas apresentou no período avaliado e no trecho estudado uma baixa vazão, na faixa de 0,10 a 0,50 m³/s. Trata-se de um corpo d'água com pequena profundidade média, variando entre 0,18 e 0,33 m, a largura de 1,7 a 4,9 m e a velocidade encontrou-se entre 0,15 e 0,75 m/s.

Em relação aos parâmetros físico-químicos, percebe-se que quando há um aumento da precipitação e consequente aumento da vazão, ocorre aumento da matéria orgânica, da turbidez, dos sólidos suspensos e da cor. O mesmo não ocorre com os parâmetros pH e condutividade, que se mantém mais estáveis à oscilação da vazão, porém percebe-se um baixo pH, provavelmente decorrente da decomposição mais intensa de matéria orgânica.

Foram identificadas correlações entre os parâmetros físico-químicos superiores a 0,7, com exceção da DBO_u que não proporcionou boa correlação com os parâmetros físico-químicos e microbiológicos, porém houve uma correlação com a vazão, SST e STD. A relação obtida entre a DBO_u e a DBO₅ foi de 1, o que significa que a maior parcela da matéria orgânica carbonácea biodegradável já foi oxidada

Para o ribeirão, foram obtidos valores de K₁ compreendidos entre 2,29 d⁻¹ e 8,29 d⁻¹, porém o coeficiente de desoxigenação é um parâmetro complexo e pode modificar devido às características de cada corpo hídrico.

Tanto o K₁ quanto a DBO_u, por não oferecerem boas correlações com os parâmetros físico-químicos e microbiológicos, não foram modelados matematicamente. Estudos futuros poderão espaçar mais os pontos de coletas e acrescentar os nutrientes na análise, pois as características do corpo d'água mudam ao longo do percurso e os nutrientes como fósforo e nitrogênio podem ter alguma correlação com a DBO e o K₁.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA-AWWA-WEF. Standard Methods for examination of water and wastewater. 22nd ed. Washington: American Public Health Association; 2012, 1360 pp. ISBN 978-087553-013.
2. BARBARA, V. F. Uso do modelo QUAL2E no estudo da qualidade da água e da capacidade de autodepuração do rio Araguari-AP (Amazônia). Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia do Meio Ambiente, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2006.
3. BRANDELERO, S. M. Quantificação de parâmetros cinéticos de nitrogênio e oxigênio em águas superficiais para aplicação em modelos matemáticos de qualidade da água. Estudo de caso: rio Meia ponte, Goiás. 131 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia do Meio Ambiente, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.
4. RODRIGUES, Elisângela Silva da Cunha. Teoria da informação e Adaptatividade na modelagem de distribuição de espécies. 2012. 137 f. Tese (Doutorado) - Curso de Sistemas Digitais, USP, São Paulo.
5. SciDAVis. Scientific Data Analysis and Visualization. GNU General Public License. Versão 1.D005, 15 de fevereiro de 2014.
6. SPERLING, M.V. Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. Série Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. Belo Horizonte, MG: UFMG. v. 1. 2. ed. 243 p. 1996.