

Avaliação da qualidade dos recursos hídricos superficiais no alto curso da bacia hidrográfica do córrego Campo Alegre – Goiás

Jéssica de Sá Guimarães Peixoto^{1*}
Luciano Soares da Cunha¹
Enoc Lima do Rêgo²
Daniel Ferreira Araújo¹

¹Programa de Pós-Graduação em Geociências Aplicadas
Instituto de Geociências
Universidade de Brasília
Campus Universitário Darcy Ribeiro
Brasília, DF, Brasil
CEP 70910-900

²Programa de Pós-Graduação em Química
Instituto de Química
Universidade de Brasília
Campus Universitário Darcy Ribeiro
Brasília, DF, Brazil
CEP 70910-900

jessica.unb80@gmail.com
soares.cunha.l@gmail.com
el.enoc.lima@gmail.com
danielunb.ferreira@gmail.com

RESUMO

A água é um recurso natural renovável indispensável à vida e ao desempenho de diversas atividades econômicas e industriais. Este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade da água do Córrego Campo Alegre a partir da análise de parâmetros físico-químicos. A bacia do Córrego Campo Alegre é uma importante fonte de água para o município de Campo Alegre de Goiás, localizado na bacia hidrográfica do Rio Veríssimo, na sub-bacia do sul do Rio Paranaíba. A avaliação dos parâmetros físico-químicos de amostras de água coletadas nos períodos seco e chuvoso apontou diferenças sazonais na composição geoquímica da água, com uma tendência de aumento nas concentrações de íons no período chuvoso, provavelmente associado ao escoamento superficial. Apesar do aumento das concentrações na estação chuvosa, todas as amostras de água de ambas estações se enquadram dentro dos limites estabelecidos pela CONAMA 357/05 para Classe II. A análise estatística multivariada dos dados identificou os principais processos controladores da qualidade da água do Córrego Campo Alegre, tanto de origem natural (intemperismo) como antrópica (atividade agropecuária). Este estudo servirá de base para o contínuo monitoramento deste corpo hídrico e para o entendimento das alterações na composição química das águas sob contexto de atividade agropastoril.

Palavras-chave: qualidade de água, geoquímica aquática, poluição aquática

ABSTRACT

Water is an indispensable renewable natural resource to the life and to economic and industrial activities. This study aimed to assess the water quality of Campo Alegre creek based on the analysis of physic-chemical parameters. The Córrego Campo Alegre basin an important water source for public supplying in the municipality of Campo Alegre de Goiás, located in the basin of the Veríssimo River, in the southern sub-basin of the Paranaíba River. The evaluation of the physical and chemical parameters of water samples collected in the dry and rainy periods showed seasonal differences in the geochemical composition of the water, with a tendency of increasing in the ion concentrations in the rainy season, probably associated to the soil surface runoff. Despite this, all water samples from both stations fall within the limits established by CONAMA 357/05 for Class II. The multivariate statistical analysis of the dataset identified the main controlling processes of the water quality of Córrego Campo Alegre, either from natural origin (weathering and soil leaching) or anthropogenic (agricultural activity). This study will serve as a basis for the future monitoring of this water body and for the understanding of alteration processes on the water chemical compositions under farming and agriculture activity context.

Keywords: water quality, aquatic geochemistry, aquatic pollution

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural renovável indispensável à vida e ao desempenho de diversas atividades econômicas, porém, escasso e finito, e assim, sua conservação e uso sustentável são imperativos para atender a crescente demanda econômica e populacional, seja em escalas regionais ou globais (Esteves, 1998; Bernardi, *et al.* 2013). Neste sentido, a avaliação da qualidade da água apresenta papel primordial para identificar possíveis alterações naturais e antrópicas. Compreende-se o conceito de “Qualidade da Água” como a análise de suas propriedades físico e químicas e suas relações com as condições naturais e possíveis interferências antrópicas (Sperling, 2005).

O Brasil apresenta uma grande oferta de recursos hídricos, contando com 12% dos recursos hídricos do planeta. O consumo humano, na média nacional, equivale a aproximadamente 36% do total de água utilizada no Brasil, enquanto as atividades industriais, e a irrigação consomem 18 e 46% dos recursos, respectivamente. Tal dado, revela uma grande importância da qualidade da água, para as atividades agropastoris, base fundamental da econômica brasileira, uma vez que a deterioração deste valioso recurso natural pode comprometer não somente estas atividades econômicas, mas também o abastecimento destinado ao consumo humano (Gomes *et al.*, 2004).

No Estado do Goiás, a pressão das atividades agropastoris sobre a qualidade da água reserva uma atenção especial por três motivos: primeiro, neste estado encontram-se três grandes bacias hidrográficas: o Rio São Francisco, o Rio Tocantins e o Rio Paranaíba (Machado, *et al.*, 2009): segundo, a produção de carnes e grãos

impulsiona a exportação estadual e tem grande importância no cenário econômico nacional em seu território; e terceiro, o bioma Cerrado, no planalto central brasileiro, é caracterizado por um relevo plano que facilita a expansão de novas fronteiras agrícolas. A contínua expansão destas fronteiras e o desmatamento de suas florestas nativas tem resultado em conflitos de uso como o abastecimento público de água nas cidades da região por causados problemas de assoreamento e contaminação por agroquímicos, agravados pela retirada sistemática da vegetação ciliar (Bonnet, *et al.*, 2008; Seplan, *et al.*, 2011; Matos, *et al.*, 2012). Estudos realizados por Oliveira *et al.* (2001) relatam problemas associados à contaminação em bacias hidrográficas no Estado de Goiás que sofrem com as condições agravantes, em decorrência da forte atividade agropecuária, como o desmatamento indiscriminado, compactação e erosão dos solos, utilização de produtos químicos como agrotóxicos e fertilizantes e a retirada das Áreas de Preservação Permanentes (APP).

Na última década, a cidade de Campo Alegre tem passado por um processo de crescimento populacional e econômico impulsionado pela expansão agrícola em sua região, acarretando uma forte pressão antrópica sobre o córrego Campo Alegre, pertencente à bacia do rio Veríssimo, sub-bacia do Rio Paranaíba. No entanto, os efeitos ou impactos das modificações no uso e ocupação da bacia de drenagem na qualidade de água ainda são desconhecidos. Assim, o objetivo geral deste trabalho é avaliar a qualidade das águas na bacia do Córrego Campo Alegre, de forma a identificar possíveis alterações associadas a influência antrópica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo e Amostragem

O Córrego Campo Alegre está situado no município de Campo Alegre de Goiás no planalto Brasil Central, Sudeste do Estado de Goiás, com a latitude 17°38'20" Sul e uma longitude 47°46'55" Oeste em UTM (UTM N: 804. 759 e UTM E: 204. 807), a 760 m acima do nível do mar e abarca os municípios Campo Alegre de Goiás, Corumbaíba, Anhanguera, Cumari, Catalão, Ipameri, entre outros (Oliveira *et al.*, 2001).

A região apresenta grandes extensões de áreas desmatadas ao longo da microbacia em estudo, em sua maior parte modificadas pela ação antrópica (Oliveira *et al.*, 2001). Dados obtidos por Matos e seus colaboradores (2012), evidenciam que parte do uso e ocupação do solo de Campo Alegre de Goiás tem sido para atividade agrícola, principalmente nas áreas de chapada, com um grande número de pivôs como observa-se na Figura 1.

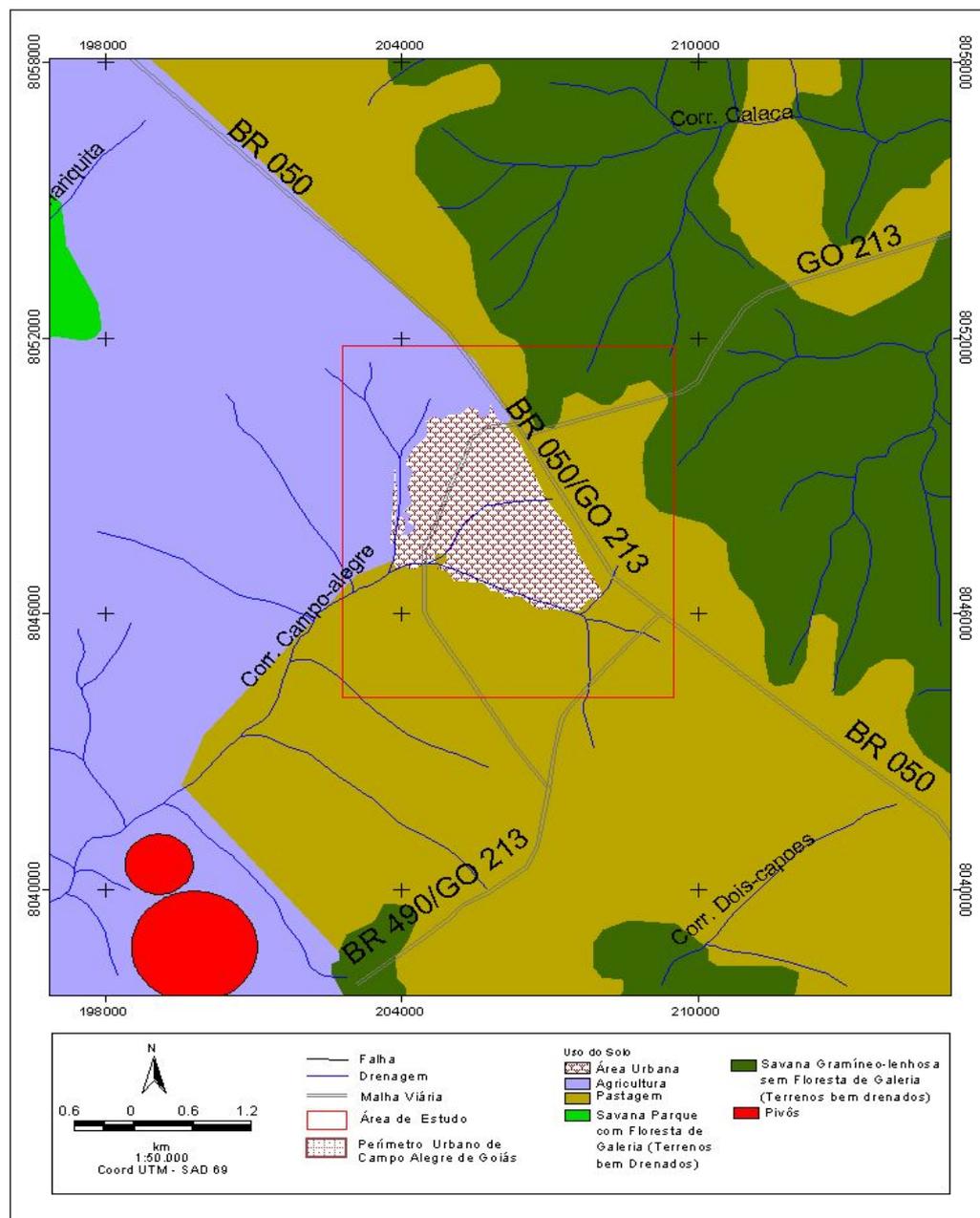


Figura 1
Mapa de uso do solo e cobertura vegetal da área de estudo (SIEG 2013).

A coleta das amostras de água foi realizada em dois períodos distintos, período de seca (agosto de 2013) e período chuvoso (março de 2014) para avaliar a influência da sazonalidade. Para a realização das coletas de amostras de água foram selecionados 17 pontos em locais estratégicos na bacia, distribuídos ao longo do Córrego Campo Alegre, de acordo com as unidades geológicas e os diversos tipos de uso e ocupação do solo durante as estações (Fig. 2).

O ponto 1, onde se encontra a nascente do córrego Alegre, é considerado a área de menor

impacto antrópico e portanto, foi escolhido como área de controle ambiental. Os pontos 10 a 17 são a montante e a jusante da estação de tratamento. Os pontos 10 e 11 estão localizados a montante, 12 dentro da Estação de Tratamento de Água (ETA) e 13 a 17 estão a jusante da ETA. O intuito desta amostragem foi verificar as condições que a água chegava na estação de tratamento e dos despejos que escoavam que eram compostos produtos utilizados na sua purificação. Esse despejo percorre dentro do perímetro urbano e era utilizado por povoações vizinhas. As amostras foram coletadas à

profundidade de 0 a 30 cm da superfície da água e acondicionadas em garrafas de polietileno previamente descontaminadas com ácido nítrico

suprapur® Merck (10% v/v) e armazenadas sob refrigeração até a realização das análises.

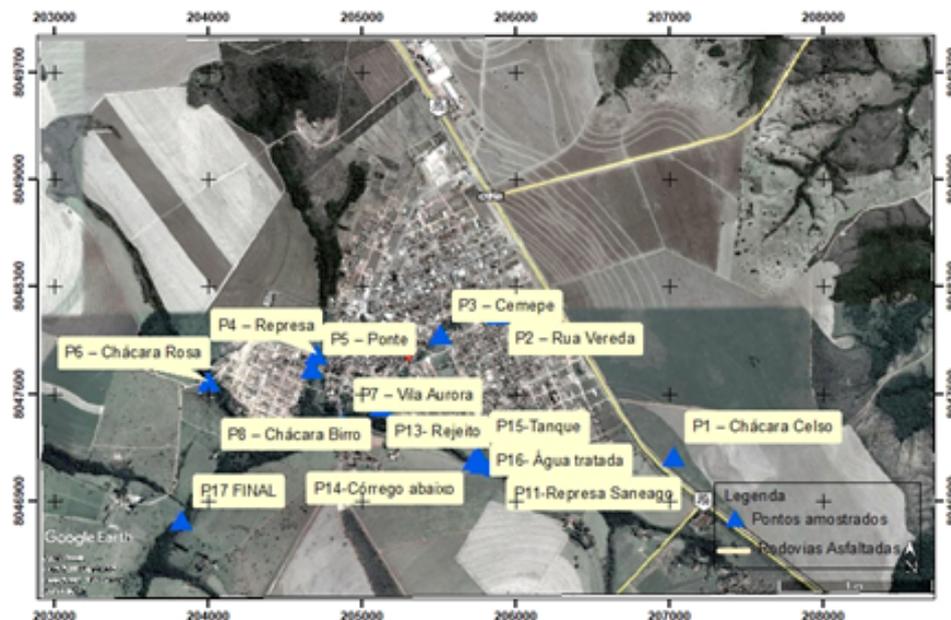


Figura 2
Localização dos pontos de coleta de Água do Córrego de Fundo (SIEG 2013. Modificado).

Para avaliar as informações das análises hidroquímicas o Balanço Iônico foi realizado a partir das concentrações de ânions e cátions

(Portela, 2013). O erro do Balanço Iônico, ou Erro Prático (%) foi determinado conforme a formula a seguir:

$$EP = \left(\frac{\sum \hat{\text{ânions}} - \sum \hat{\text{cátions}}}{\sum \hat{\text{ânions}} + \sum \hat{\text{cátions}}} \right) \times 100\%$$

Tabela 1. Limite de detecção (LD), Limite de Quantificação (LQ), Faixa Linear de Trabalho (FLT), Coeficiente de Regressão (R²)

Técnica	Parâmetro	LD ^a (mg L ⁻¹)	LQ ^b (mg L ⁻¹)	FLT ^c (mg L ⁻¹)	R ^{2d}
AAS	Na	0,02	0,09	0,5– 5	0,99
	K	0,03	0,09	0,5– 5	0,99
IC	F ⁻	0,01	0,08	0,2– 1	0,99
	Cl ⁻	0,05	0,18	0,5– 10	0,99
	NO ₃ ⁻	0,02	0,08	0,2– 10	0,99
	F ⁻	0,01	0,02	0,2 – 5	0,98
	SO ₄ ²⁻	0,05	0,2	0,7 – 15	0,99
ICP-OES	Si	0,011	0,1	1,0 – 10	0,99
	Al	0,027	0,2	1,0 – 30	0,98
	Fe	0,022	0,2	1, 0 – 20	0,99
	Ca	0,066	0,6	0,8– 40	0,97
	Mg	0,017	0,1	2,0– 18	0,99

2.3. Análise Estatística

A descrição estatística dos dados (média, desvio-padrão, mediana, etc.), e construção de *box plots*, e *Matriz Scatterplots* e análise estatística multivariada foi realizada com o software SPSS®18 (Statistical Package for Social Sciences). Análise de Principais Componentes (APC) foi empregada para identificar os principais parâmetros e processos mais significativos que controlam a qualidade de água da área de estudo. Os pesos dos parâmetros (*factor loading*) e os

escores das amostras (*sample factor score*) foram calculados de acordo com a rotação varimax (Vondouris et al., 1997) e as componentes que obtiveram autovalores (eigenvalues) maiores que um foram selecionadas. De forma a não perder informações, as concentrações que se situaram abaixo do limite de detecção (LD) das técnicas analíticas foram substituídas pela metade do valor do LD para o respectivo ponto amostrado (Mulholland et al., 2012; Mar da Costa et al., 2015).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Influência da sazonalidade na qualidade da água

Os resultados da determinação de metais e variáveis físico-químicas para os dois períodos de coletas seguem na Tabela 2.

Os valores obtidos de pH para os dois períodos de coleta obtiveram resultados bem similares com valores variando de 5,02 a 6,60 para o período seco e 5,63 a 6,63 para o chuvoso, considerados levemente ácidos conforme apresentado na Figura 3a.

A condutividade elétrica da água do córrego Campo Alegre variou de 5,20 a 56,40 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ entre os dois períodos analisados. Nos pontos 8 e 3, localizados dentro do perímetro urbano, foram encontrados os maiores valores, variando respectivamente de 29,5 a 56,4 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ e o ponto P3 de 22,5 a 44,7 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ nas estações seca e chuvosa (Figura 3b). A maior condutividade nestes pontos sugere uma influência antrópica, tais como descargas de esgotos e resíduos domésticos. No entanto, os valores encontrados neste estudo se situaram abaixo deste valor referência de 100 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

As análises químicas de cátions e ânions mostraram diferenças sazonais (seca e chuva) mais acentuadas para os íons Ca^{+2} e Na^{+2} (Fig.3c e 3e), enquanto os demais parâmetros mostraram poucas diferenças significativas. As concentração de magnésio nas águas superficiais analisadas foram baixas (0,0 a 0,4 mg/ml, Fig.3d). Apesar da calagem dos solos com adição de dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), estes resultados apontam baixo influência da atividade agropastoril nas águas do Córrego Alegre. O Sódio (Na^+) foi o segundo cátion com maior concentração na estação chuvosa, variando de 1 mg/L a 10 mg/L (Fig.3 e), e portanto, enquadrados dentro dos limites permitidos para potabilidade segundo a CETESB (2009).

Nota-se que no período chuvoso a condutividade elétrica apresentou valores mais altos em todos os pontos (Figura 3b). Esse fato justifica-se, pelo acúmulo de matéria orgânica morta no período de estiagem e posterior carreamento pelas chuvas, provocando variação na condutividade (Moura 2010). Os parâmetros de condutividade elétrica e total de sólidos dissolvidos tendem a aumentar no período chuvoso, uma vez que as águas de escoamento superficial carregam também grande volume de íons lixiviados do solo (Iost, 2008). As variações dos íons Ca^{+2} e Na^{+2} estão associados à lixiviação do solo durante o escoamento superficial dos solos pela água da chuva, e com a elevação do aumento da condutividade das águas do Córrego Campo Alegre.

O Córrego Campo Alegre apresentou alcalinidades mais elevadas no período chuvoso (3,89 a 14,88 mg/L) do que em períodos secos (2,5 a 10,5 mg/L). Este aumento pode estar associado à um aumento da taxa de dissolução de sais carbonatados usados na calagem dos solos (Fig. 3g).

O Silício (Si) encontra-se em quantidade maior na estação seca variando de 1,4 a 2,6 mg/mL. Este elemento pode ser oriundo da hidrólise de argilominerais e minerais primários como quartzo, presentes na composição geológica do solo (Fig. 3h). Já no período de chuva ele apresenta valores menores provavelmente devido ao efeito de diluição.

Os maiores valores de nitrato (NO_3^-) foram encontrados no período chuvoso, nos pontos 3 e 8 (Fig.3g). Ambos os pontos estão localizados próximos às áreas de criação de animais (equinos e bovinos). Apesar de indicar a possível fonte deste

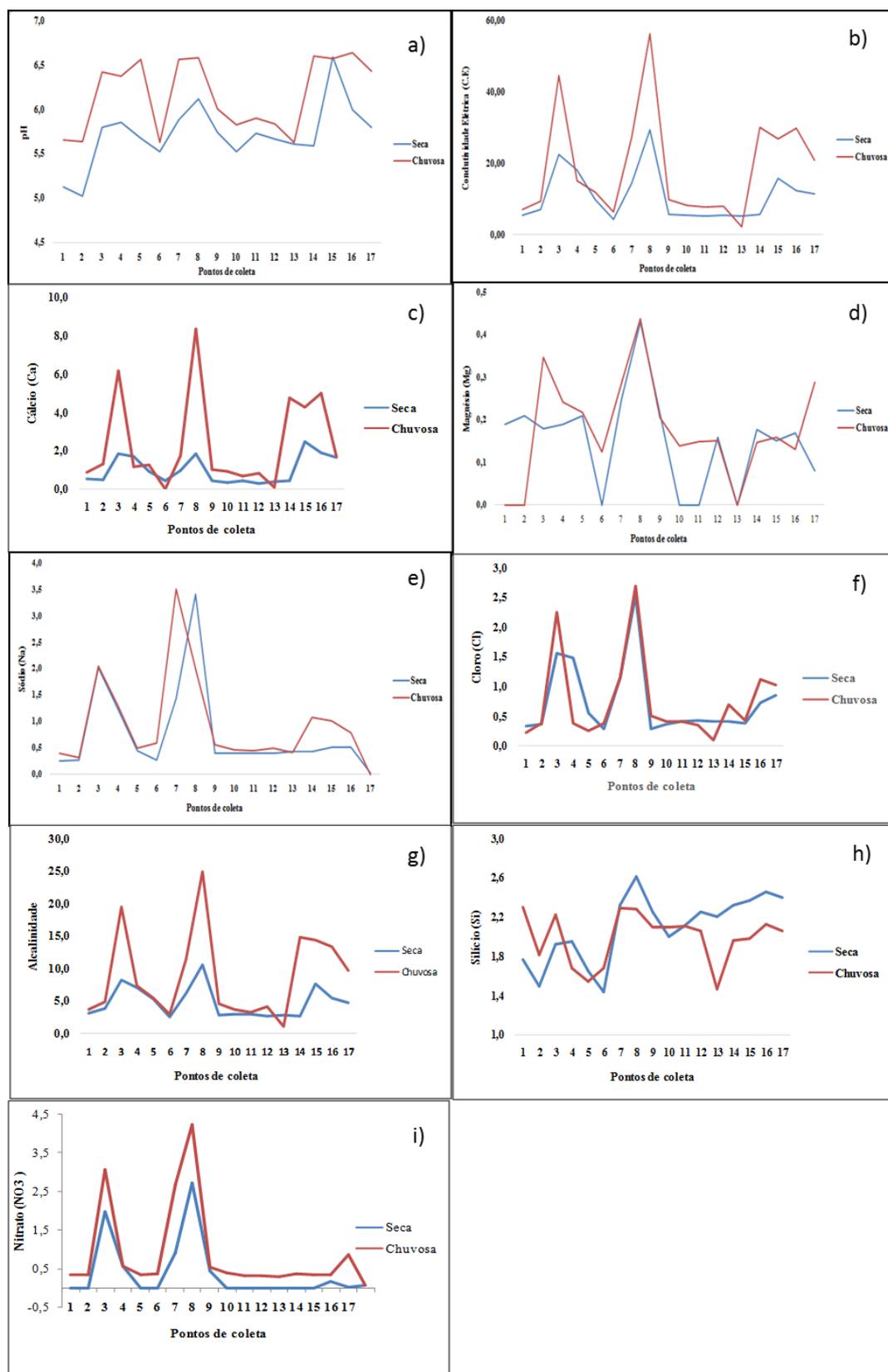


Figura 3

a) Concentração de pH no córrego Campo Alegre durante a estação seca e chuvosa; **b)** Condutividade elétrica no córrego Campo Alegre durante a estação seca e chuvosa ($\mu\text{S cm}^{-1}$); **c)** Concentração de cálcio no córrego Campo Alegre durante a estação seca e chuvosa (mg/L); **d)** Concentração de magnésio no córrego Campo Alegre durante a estação seca e chuvosa (mg/L); **e)** Concentração de sódio no córrego Campo Alegre durante a estação seca e chuvosa (mg/L); **f)** Concentração de cloro no córrego Campo Alegre durante a estação seca e chuvosa (mg/L); **g)** Concentração da alcalinidade total nas águas durante os períodos da seca e da chuva, de montante para jusante do córrego Campo Alegre (mg/L); **h)** Concentração de silício no córrego Campo Alegre durante a estação seca e chuvosa (mg/L); **i)** Concentração de nitrito no córrego Campo Alegre durante a estação seca e chuvosa (mg/L).

Tabela 2: Avaliação da concentração de íons e parâmetros físico-químicos da água do córrego Campo Alegre.

Amostras	pH			CÁTIONS									ÂNIONS									BALANÇO IÔNICO						E.P (%)														
	S	C	C	Ca ²⁺ (mg/L)			Mg ²⁺ (mg/L)			Na ⁺ (mg/L)			K ⁺ (mg/L)			F ⁻ (mg/L)			Cl ⁻ (mg/L)			NO ₃ ⁻ (mg/L)			PO ₄ ³⁻ (mg/L)			SO ₄ ²⁻ (mg/L)			HCO ₃ ⁻ (mg/L)			Soma - Anions (meq)			Soma - Cátions (meq)			S	C	C
				S	C	C	S	C	C	S	C	C	S	C	C	S	C	C	S	C	C	S	C	C	S	C	C	S	C	C	S	C	C	S	C	C						
P1	5,12	5,66	0,60	0,90	0,20	<LQ	0,20	0,40	0,10	0,12	0,02	0,02	0,30	0,23	<LQ	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,09	3,62	0,06	0,07	5,47	7,08	0,06	0,08	0,00	-1,35						
P2	5,02	5,64	0,50	1,30	0,20	<LQ	0,30	0,30	0,10	0,10	0,00	0,00	0,40	0,39	<LQ	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,71	4,80	0,07	0,10	7,07	9,49	0,06	0,09	7,69	4,40						
P3	5,80	6,42	1,90	6,18	0,20	0,35	2,00	2,10	0,30	0,40	0,01	0,01	1,60	2,26	2,00	3,06	0,00	0,00	0,52	0,38	8,09	19,44	0,22	0,44	22,50	44,70	0,20	0,44	0,22	0,44	22,50	44,70	0,20	0,44	4,76	0,46						
P4	5,86	6,38	1,70	1,16	0,20	0,24	1,20	1,30	0,70	0,80	0,00	0,00	1,50	0,39	0,60	0,56	0,00	0,00	0,67	0,42	7,01	7,28	0,18	0,15	18,14	15,19	0,17	0,16	0,10	0,11	9,99	11,97	0,09	0,11	2,86	-2,31						
P5	5,68	6,56	0,90	1,29	0,20	0,22	0,40	0,50	0,20	0,25	0,00	0,00	0,60	0,25	<LQ	0,34	0,00	0,00	0,00	0,26	5,27	5,39	0,05	0,06	4,39	6,42	0,04	0,06	0,15	0,27	14,61	27,40	0,14	0,27	3,45	-0,37						
P6	5,52	5,63	0,40	0,45	<LQ	0,13	0,30	0,60	0,10	0,10	0,00	0,00	0,30	0,38	<LQ	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00	2,47	2,89	0,05	0,06	4,39	6,42	0,04	0,06	0,15	0,27	14,61	27,40	0,14	0,27	3,45	-0,37						
P7	5,89	6,56	1,00	1,76	0,20	0,29	1,40	3,50	0,30	0,30	0,01	0,01	1,20	1,15	0,90	2,68	0,00	0,00	0,20	0,32	6,09	11,37	0,15	0,27	14,61	27,40	0,14	0,27	0,29	0,56	29,50	56,40	0,29	0,56	0,00	0,63						
P8	6,12	6,58	1,80	8,38	0,40	0,44	3,40	2,00	0,50	0,55	0,01	0,01	2,50	2,70	2,70	4,24	0,00	0,00	0,12	0,45	10,48	24,88	0,29	0,56	29,50	56,40	0,29	0,56	0,06	0,10	5,78	10,05	0,06	0,10	0,00	4,00						
P9	5,74	6,01	0,40	1,05	0,20	0,21	0,40	0,60	0,10	0,10	0,00	0,00	0,30	0,51	0,40	0,55	0,00	0,00	0,07	0,32	2,78	4,53	0,06	0,10	5,78	10,05	0,06	0,10	0,06	0,08	5,46	8,24	0,05	0,08	9,09	-3,14						
P10	5,52	5,83	0,30	0,95	<LQ	0,14	0,40	0,50	0,10	0,10	0,01	0,01	0,40	0,41	<LQ	0,38	0,00	0,00	0,00	0,00	2,89	3,58	0,06	0,08	5,46	8,24	0,05	0,08	0,06	0,07	5,20	7,88	0,05	0,07	9,09	3,50						
P11	5,73	5,90	0,40	0,70	<LQ	0,15	0,40	0,50	0,10	0,08	0,01	0,01	0,40	0,41	<LQ	0,31	0,00	0,00	0,24	0,24	2,97	3,18	0,06	0,07	5,20	7,88	0,05	0,07	0,05	0,08	5,61	8,18	0,05	0,08	0,00	4,40						
P12	5,67	5,84	0,30	0,81	0,20	0,15	0,40	0,50	<LQ	0,06	0,01	0,01	0,40	0,35	<LQ	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	2,59	4,10	0,05	0,08	5,61	8,18	0,05	0,08	0,06	0,02	5,27	2,36	0,05	0,03	9,09	12,73						
P13	5,61	5,63	0,40	0,13	<LQ	0,05	0,40	0,40	0,10	0,08	0,00	0,00	0,40	<LQ	<LQ	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	2,78	1,01	0,06	0,02	5,27	2,36	0,05	0,03	0,06	0,30	5,84	30,10	0,06	0,30	0,00	1,00						
P14	5,59	6,60	0,50	4,75	0,20	0,15	0,40	1,10	0,10	0,08	0,41	0,41	0,40	<LQ	<LQ	0,36	0,00	0,00	0,22	0,68	2,59	14,79	0,06	0,30	5,84	30,10	0,06	0,30	0,15	0,27	15,93	27,00	0,16	0,27	-3,23	-1,30						
P15	6,60	6,57	2,50	4,29	0,20	0,16	0,50	1,00	0,10	0,08	0,02	0,02	0,40	0,43	<LQ	0,33	0,00	0,00	0,88	0,60	7,49	14,34	0,15	0,27	15,93	27,00	0,16	0,27	0,12	0,30	12,40	30,00	0,13	0,30	-4,00	0,17						
P16	6,00	6,64	1,90	5,02	0,20	0,13	0,50	0,80	0,10	0,10	0,52	0,52	0,70	1,12	0,20	0,34	0,00	0,00	0,56	0,75	5,42	13,36	0,12	0,30	12,40	30,00	0,13	0,30	0,11	0,20	11,50	20,90	0,11	0,11	0,00	29,03						
P17	5,80	6,43	1,70	1,72	0,10	0,29	<LD	<LD	<LD	<LD	0,00	0,00	0,90	1,03	<LD	0,86	0,00	0,00	0,00	0,00	4,66	9,59	0,11	0,20	11,50	20,90	0,11	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	29,03						
CONAMA 357/2005	6,00	-9,00	-	-	-	-	-	-	-	-	1,4	250	10	0,1	250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				

Classe 2 CONAMA 357/05. Limite de Quantificação, LD: Limite de detecção. S: Seca, C: Chuva; E.P: Erro Prático

elemento, todos os valores estão abaixo pelo estabelecido pela CONAMA 357/05 que é de 10 (mg/L). O nitrato é a principal forma de ocorrência de nitrogênio (N), cujo excesso pode ocasionar eutrofização dos ambientes aquáticos (RESENDE, 2002). Portanto é um parâmetro que requer atenção no monitoramento de áreas com atividade agrícola, como no caso da sub-bacia do córrego Alegre.

O bicarbonato (HCO_3^-) e o cálcio (Ca^{2+}) foram os ânions com as maiores concentrações em ambas as estações (Fig. 3g e 3c), sendo os maiores valores na estação chuvosa. Estes íons, juntamente com os

íons Ca^{2+} ; Na^+ ; Mg^{+2} e K^+ , foram responsáveis pela elevação nos valores da condutividade. As altas correlações registradas entre sódio, cálcio, potássio e o bicarbonato podem ser explicadas também, pela presença calcixistos, calcifilitos que são constituídos da geologia local que se relaciona com o processo natural de intemperismo.

Os parâmetros físicos-químicos e concentração de íons do córrego Campo Alegre encontram-se dentro dos limites estabelecidos pela CONAMA 357/05 para águas Classe II.

3.2 Análise Estatística Multivariada dos dados

Os resultados da análise de principais componentes (APC) indicaram a formação de dois grupos na estação seca e três grupos na estação chuvosa (Fig. 4). O grupo 1 na estação seca inclui três fatores: pH, condutividade elétrica e cálcio. A correlação destes parâmetros reflete a lixiviação de cálcio adsorvido nos minerais do solo bem como possíveis processos de dissolução de minerais de cálcio usado na correção do solo através da calagem. O grupo 2 na estação seca agrupa Mg^{2+} , Na^+ , K^+ e Cl^- , onde pode ser originários dos processos de intemperismo de rochas. No entanto, a correlação entre Na^+ e K^+ podem estar associados a um componente antropogênico, associado ao uso de sabão e detergente em atividades domésticas, ou ao sal de cozinha (NaCl), expelido na urina ou presente na ração bovina (Singh et al. 2004). O cloreto e o potássio também apresentaram forte correlação entre si (81%), sendo associada ao uso de fertilizante solúvel que fornece potássio ao solo aumentando sua produtividade. Este fertilizante é principalmente aplicado na forma de cloreto e nitrato de potássio apresentando maior solubilidade (Coelho, 1994).

Na fase chuvosa, o grupo 1 é composto pelo Na^+ e Cl^- , retratando assim intensa correlação entre esses elementos e confirma a fonte de contribuição antrópica, proveniente de efluentes domésticos (Feltre, 2004). O grupo 2 na estação chuvosa é constituído por pH, condutividade

elétrica, alcalinidade, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e NO_3^- , indicando que na estação chuvosa ocorre o maior aporte destes íons para o corpo hídrico (Fig. 3), os quais passam controlar a condutividade elétrica das águas.

Como discutido na sessão anterior, a estação chuvosa apresentou um aumento na concentração de NO_3^- e alcalinidade, que indica um maior aporte de matéria orgânica e esgoto para o corpo hídrico, enquanto a alcalinidade associada à influência da calagem dos solos.

A presença do cálcio pode ter origem geogênica/ pedogênica, representado pelo processo de dissolução de rochas carbonáticas, tendo em vista que o cálcio e o magnésio juntos são elementos liberados pelo intemperismo de alguns minerais primários como, por exemplo, os feldspatos. Porém a união desses elementos atribui-se melhor a calagem.

Em solos lixiviados da região em função do baixo teor do magnésio é adicionado cloreto de magnésio que fornece uma relação de equilíbrio entre Mg^{2+} , Ca^{2+} e K^+ na solução do solo. A manutenção da forte correlação entre estes íons é atribuída à menor estabilidade do sal aplicado na agricultura (Veiga, et al., 2005). Sendo assim a fonte destes elementos é considerada como derivada de atividade agrícola e doméstica, apresentando caráter antropogênico na maior parte de suas correlações.

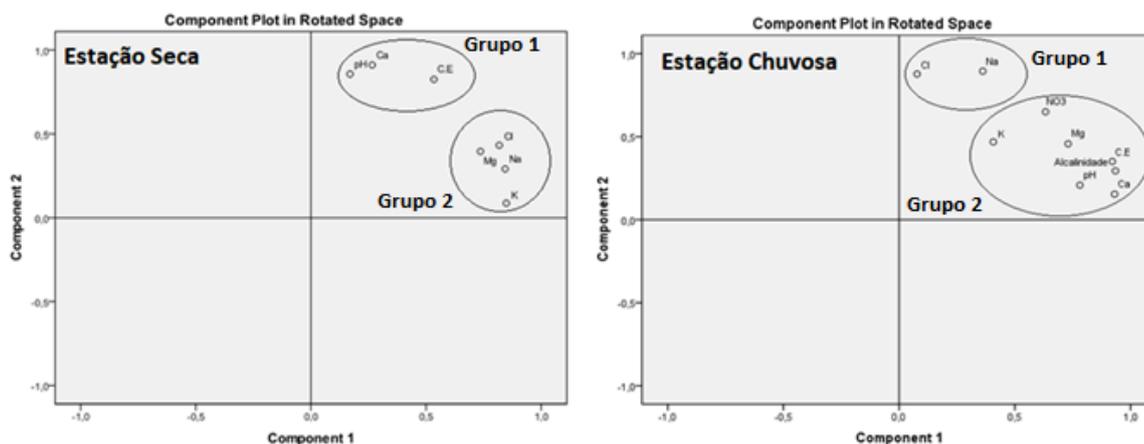


Figura 4.

Análise de Componentes Principais (ACP) das amostras de água nas estações seca e chuva.

4. CONCLUSÃO

A avaliação dos parâmetros físico-químicos e concentração de diversos íons nas amostras de água do Córrego Campo Alegre possibilitou examinar os processos naturais e possíveis efeitos antrópicos da atividade agropecuária na qualidade da água. A comparação entre resultados obtidos de coleta nos períodos seco e chuvoso apontou diferenças sazonais na composição geoquímica da água, com uma tendência de aumento nas concentrações de íons no período chuvoso, provavelmente associado ao escoamento superficial. Apesar do aumento das concentrações na estação chuvosa, todas as amostras de água de ambas estações se

enquadram dentro dos limites estabelecidos pela CONAMA 357/05 para Classe II. A análise estatística multivariada dos dados identificou os principais processos controladores da qualidade da água do Córrego Campo Alegre, tanto de origem natural (intemperismo e lixiviação dos solos) como antrópica (atividade agropecuária).

Assim, este estudo apresentou a qualidade da água do córrego Campo Alegre, que poderá ser útil como base para o contínuo monitoramento deste corpo hídrico e para o entendimento de processos de alteração da composição química das águas sob contexto de atividade agropastoril.

5. AGRADECIMENTOS

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela concessão de bolsa de mestrado, à UnB pelo suporte na pesquisa (técnicos: Fenando Souza Cavalcante e Myller de

Sousa; aos professores Dr. Elói Guimarães Santos e Dr Jérémie Garnier) e ao Instituto de Geociências pelo aprimoramento de conhecimentos.

6. REFERÊNCIAS

- BERNARDI, E. C. S.; PANZIERA G. A. B.; Swarowsky. A Bacia Hidrográfica como Unidade de Gestão Ambiental. *Disciplinarum Scientia*. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 159-168, 2012.
- BONNET, B. R. P.; FERREIRA, L. G.; LOBO, F. C. Relações entre qualidade da água e uso do solo em Goiás uma análise à escala da bacia hidrográfica. *Revista Árvore*, v. 32, n. 2, p. 311-322, Viçosa-MG, 2008.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005. Dispõe

sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 18 mar. 2005. Disponível em: < <http://www.in.gov.br/visualiza/index.jsp?data=18/03/2005&jornal=1&pagina=58&totalArquivos=192> > Acesso em 16 abr. 2012.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Variáveis de qualidade das águas*. São Paulo, 2009.

- CETESB- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 2007. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp>> Acesso em 10 de outubro de 2013.
- COELHO, A. M. Fertirrigação. In: COSTA, E. F. da; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. (Ed.). *Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação*. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, p. 201-227, 1994.
- ESTEVES, F. A. *Fundamentos de Limnologia*. 2a ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 1998, 602 p.
- FELTRE, R. Química Geral, Vol. I, Ed. Moderna, 6º Ed.; São Paulo/SP, 2004. Disponível em: <<http://marisoares.wordpress.com/2009/05/29/origem-da-palavra-salario/>>. Acesso em 13 abril de 2013.
- GOMES, J. L.; Barbiri, J. C. Gerenciamento de recursos hídricos no Brasil e no Estado de São Paulo: um novo modelo de política pública, v.2, n.3, 2004.
- IOST, C. *Produção de sedimentos e qualidade da água de uma Microbacia hidrográfica Rural*. Dissertação Mestrado, Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, Paraná, 2008.
- MACHADO, L. E. G.; NUNES, E. D.; ROMÃO, P, A. *Análise da influência da topografia na variação sazonal de fitofisnomias na bacia do Rio Veríssimo-GO*. Anais XIV Simpósio de Sensoriamento Remoto, Universidade Federal de Goiás, p. 2817-2822, Natal, Abril, 2009.
- MATOS, P. F; PESSÓA, . L. S.; O agronegócio no cerrado do sudeste goiano: uma leitura sobre Campo Alegre de Goiás, Catalão e Ipameri. *Sociedade e Natureza*, n. 1, 37-50, Uberlândia, 2012.
- MOURA, L. H. A.; BOAVENTURA, G. R.; PINELLI, M. P. A qualidade de água como indicador de uso e ocupação do solo: Bacia do Gama - Distrito Federal. *Química Nova*, V. 33, N. 1, Brasília, 2010.
- OLIVEIRA, H. A.; GUIMARÃES, J. F, XAVIER, S. C. O.; TIMÓTEO, A.; *A poluição química do Córrego Campo Alegre de Goiás*. Monografia de Conclusão do Curso de Geografia, UEG, Pires do Rio, 2001.
- PORTELA, J. F. Avaliação da Qualidade da Água na Área de Influência Direta da Estação Ecológica de Águas Emendadas. Programa de Pós-Graduação em Química, UnB, Brasília (Dissertação de Mestrado), 2013.
- RESENDE, A. V. *Agricultura e Qualidade da Água: Contaminação da Água por Nitrato*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Dezembro, Planaltina, 2002.
- SEPLAN, *Goiás em Dados 2011/ Secretaria de Estado de Gestão e Planejamento; Superintendência de Estatísticas, Pesquisa e Informações Socioeconômicas- Goiânia*, 2011.
- SIEG - Sistema Estadual de Geoinformação. Disponível em: <<http://www.sieg.go.gov.br>> Acesso em 20 de outubro de 2013.
- VEIGA, J. B.; CARDOSO, E. C. Criação de Gado Leiteiro na Zona Bragantina, Embrapa Amazônia Oriental, Dezembro, 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/GadoLeiteiroZonaBragantina/paginas/smineral.htm>> Acesso em 10 janeiro de 2015.