



UnB

Universidade de Brasília

Instituto de Ciências Biológicas

Programa de Pós-Graduação em Ecologia

**Características físico-químicas de pequenas drenagens em matas de galeria de Cerrado
após a ocorrência de incêndio florestal**

Fábio dos Santos Miranda

Brasília, julho de 2013



UnB

Universidade de Brasília

Instituto de Ciências Biológicas

Programa de Pós-Graduação em Ecologia

**Características físico-químicas de pequenas drenagens em matas de galeria de Cerrado
após a ocorrência de incêndio florestal**

Fábio dos Santos Miranda

Orientadora: Profa. Dra. Mercedes Maria da Cunha Bustamante

Dissertação de mestrado apresentada
ao Programa de Pós-Graduação em
Ecologia como requisito parcial para
a obtenção do título de Mestre em
Ecologia.

Linha de Pesquisa: Ecologia de
Ecossistemas.

Brasília, julho de 2013



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

Dissertação de Mestrado

FÁBIO DOS SANTOS MIRANDA

Título:

“Características físico-químicas de pequenas drenagens em matas de galeria de Cerrado após a ocorrência de incêndio florestal”.

Banca Examinadora:

Prof. Dra. Mercedes Bustamante
Presidente / Orientadora
ECL/UnB

Prof. Dr. Alex Vladimir Krusche
Membro Titular
CENA/USP

Prof. Dra. Gabriela Bielefeld Nardoto
Membro Titular
FUP / UnB

Prof. Dr. Mauro César Lambert de Brito Ribeiro
Membro Suplente
Recor/IBGE

Brasília, 19 de julho de 2013.

DEDICATÓRIA

Aos lutadores e lutadoras do Cerrado que são coerentes entre o que falam e o que fazem. Acima de tudo entendem que os problemas ambientais não são dissociados dos sociais e políticos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Profa. Mercedes por ter me acolhido, orientado e suportado minhas limitações. Obrigado!

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por ter financiado a pesquisa.

Aos membros da Banca Examinadora, por terem aceitado o convite e assim contribuírem para o aprimoramento do trabalho.

A toda a equipe do Laboratório de Análise Ambiental e Geoprocessamento da CENA-USP, especialmente ao Prof. Alex Krusche e Alexandra pelas análises químicas e por terem me acolhido no laboratório.

A toda a equipe do Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento da Universidade Federal de Goiás, especialmente ao Prof. Laerte Guimarães Ferreira Júnior, Fernando Moreira de Araújo e Janete Rêgo Silva pela disponibilização de imagens e ajuda na confecção dos mapas do trabalho.

Aos colegas do Laboratório de Ecologia de Ecossistemas da Universidade de Brasília, Regina, Fred, Xan, Lucas Evangelista e todos os demais. A contribuição de vocês sempre foi positiva e fundamental.

À Viviane Miranda e Gilberto Cosac, na época, técnicos do Laboratório de Ecologia de Ecossistemas. Obrigado por terem dado os primeiros passos deste trabalho e ajudado um Engenheiro Florestal pouco acostumado a rotina de um laboratório de Ecologia.

A toda a equipe do Laboratório de Limnologia da Universidade de Brasília. Sem vocês este trabalho não seria possível. Muito obrigado!

À direção da Reserva Ecológica do IBGE, Jardim Botânico de Brasília e Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília pela permissão para a realização das pesquisas

Aos professores e todo o pessoal da Pós Graduação da Universidade de Brasília, por terem auxiliado no meu processo de aprendizagem. Um abraço especial para o Prof. Dr. Haridasan. Obrigado por nossas conversas.

Aos meus pais, Jeremias e Dina, e irmãos, Adilson e Adélio, por terem me apoiado e proporcionado tantos momentos inesquecíveis. Dil, obrigado por tudo!

Aos meus demais familiares e também aos familiares da minha companheira por terem me feito viver bons momentos neste período. Um abraço especial para o futuro do Brasil: Maria Luísa, Joyce, Gabriel e Bia. Tenho muito orgulho e amo vocês!

À todos trabalhadores e trabalhadoras da Universidade de Brasília que contribuíram de uma forma ou de outra para a realização deste trabalho, mesmo no período da greve. Um abraço especial para a Vanessa, secretária do programa de Pós Graduação em Ecologia, que sempre foi solícita no atendimento aos meus pleitos.

Aos amigos e amigas do peito, que sempre estiveram comigo, mesmo parecendo que estavam tão distantes. Um abraço especial para o Goiano e o Bob pela amizade e ajuda. Um abraço para o Eraldo que me acolheu em sua casa e ao Francis pela ajuda em campo, assim como a Cris, Jonas e Lucas. Muito obrigado!

Finalmente, a minha amiga, companheira, lutadora e pesquisadora Bárbara. Sem você este trabalho não seria possível. Tantas histórias.. Serei eternamente grato!!! Eu te amo em todos os sentidos!!

...

RESUMO

Os incêndios florestais, principalmente os de origem antrópica, são distúrbios frequentes na área de abrangência do bioma Cerrado, influenciando diversos processos ecossistêmicos. Em bacias hidrográficas, as alterações provocadas pelo fogo são primeiramente refletidas em córregos de pequeno porte, que são elementos de ligação entre ambientes terrestres e rios de maior porte. Diante disso, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos temporais de um incêndio florestal nas características físico-químicas de córregos e outros componentes do fluxo de nutrientes contidos em Matas de Galeria da APA das bacias Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal – Brasil, entre setembro de 2011 e dezembro de 2012. O primeiro procedimento metodológico foi delimitar as microbacias de drenagem e suas respectivas áreas afetadas por incêndios florestais entre 2001 e 2012, por intermédio do programa ArcGis. Para a concretização do trabalho foram coletadas amostras de água (córregos, deposição atmosférica, solução de escoamento superficial e solução freática) para determinar o pH, condutividade elétrica e a concentração de carbono inorgânico dissolvido (CID), NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Na^+ , Al^{+3} , Fe^{+2} , Si^{+4} , Cl^- , SO_4^- e PO_4^- . Nas amostras de água de córregos ainda foram feitas medições adicionais de oxigênio dissolvido, temperatura, turbidez e vazão (com dados de profundidade da coluna d'água, largura do canal e velocidade da água). Por fim, foi estimado o fluxo de nutrientes via deposição atmosférica. Os dados que atenderam aos pressupostos paramétricos foram comparados com Anova, seguida do teste de Tukey (variações espaciais), e teste *t* (variações sazonais). Já para os que não atenderam foram utilizados os testes não-paramétricos de Kruskal-Wallis, seguido do teste de Dunn (variações espaciais), e Mann-Whitney (variações sazonais). Houve pouca diferença entre os valores dos parâmetros físico-químicos e a concentração de nutrientes entre as microbacias estudadas. No entanto, muitos parâmetros apresentaram variações significativas na comparação entre períodos seco e chuvoso, geralmente com aumento dos valores durante o período seco e posterior diminuição com as primeiras chuvas. Da mesma forma, na comparação entre períodos de transição seca-chuva na água de córregos, onze dos treze nutrientes avaliados apresentaram maiores concentrações no primeiro período (setembro a dezembro de 2011), enquanto os valores de condutividade, turbidez, saturação de oxigênio, PO_4^- e Cl^- foram maiores no segundo período (setembro a dezembro de 2012). Os resultados obtidos mostram que os incêndios florestais podem estar influenciando a dinâmica de nutrientes nas áreas estudadas, principalmente pela incorporação das cinzas nos componentes do fluxo e da volatilização de partículas para atmosfera durante o incêndio. Além disso, outros fatores podem estar interferindo nesta dinâmica: histórico similar de ocorrência de incêndios florestais, sazonalidade da precipitação, volume das chuvas, material de origem (rocha matriz), tipo de solo e o fluxo de nutrientes na deposição atmosférica. Ações preventivas ao fogo e a elaboração de estudos de médio e longo prazo para melhor entender os efeitos dos incêndios florestais sobre os processos de ciclagem de nutrientes são necessários, principalmente em um cenário de mudanças climáticas.

Palavras-chave: efeitos, fogo, ciclagem de nutrientes, córregos, savanas

ABSTRACT

Forest fires, especially those related to human action, are frequent disturbances in the Cerrado biome coverage area, influencing many ecosystem processes. In watersheds, changes caused by fire are first reflected in small streams, which are connection elements between terrestrial environments and large rivers. Considering this, the aim of this study was to evaluate the temporal effects of a forest fire in physical and chemical characteristics of streams and other components of the nutrients flow, inside APA's gallery forests of Gama and Cabeça de Veado watersheds, located in Distrito Federal - Brazil, between September 2011 and December 2012. The first methodological procedure was to delimit the micro-drainage basins and respective areas affected by forest fires, between 2001 and 2012, by using ArcGIS program. In carrying out the work, water samples were collected (streams, atmospheric deposition, surface runoff and groundwater solutions) in order to determine pH, conductivity and concentration of dissolved inorganic carbon (DIC), NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Na^+ , Al^{+3} , Fe^{+2} , Si^{+4} , Cl^- , SO_4^- and PO_4^- . In streams water samples, additional measurements of dissolved oxygen, temperature, turbidity and outflow were made (with data from water column depth, channel width and water speed). Finally, we estimated the flow of nutrients via atmospheric deposition. Data which met the parametric assumptions were compared by using ANOVA, followed by Tukey's test (spatial variations) and *T* test (seasonal variations). As for those which did not meet the expected parameters, non-parametric Kruskal-Wallis tests were used, followed by Dunn (spatial variations) and Mann-Whitney (seasonal variations) tests. There was a little difference between physico-chemical parameters values and nutrient concentrations, among the studied watersheds. However, many parameters presented significant variations occurred when comparing dry and rainy periods, usually with increasing values during dry period and a subsequent reduction with the arrival of the first rains. In the same way, when comparing periods of dry-rain transition, in water streams, eleven out of thirteen evaluated nutrients showed higher concentrations in the first period (September-December 2011), shortly after the fires, while the conductivity, turbidity, oxygen saturation, PO_4^- and Cl^- values were higher in the second one (September-December 2012). The results show that forest fires may be influencing the nutrient dynamics in the studied areas, mostly, because of the ashes incorporation into the components of nutrients flow and the particles volatilization into the atmosphere during the fire. Furthermore, other factors may be interfering in this dynamic: similar history of forest fire occurrence, seasonality of precipitation, rainfall volume, source material (rock matrix), soil type and nutrient flow in atmospheric deposition. In this sense, preventive actions and the elaboration of medium and long term studies to better understand the effects of these fires on the nutrients cycling processes are needed, especially, in a climate changes scenario.

Keywords: effects, fire, nutrients cycling, streams, savannas

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Localização dos pontos de coleta do presente estudo nos Córregos Capetinga, (FAL), Cabeça de Veado (JBB), Pitoco (IBGE), Roncador (IBGE) e Taquara (IBGE), ressaltando a APA das bacias do Gama e Cabeça de Veado dentro do território do Distrito Federal, Brasil. PNB = Parque Nacional de Brasília; AE = Estação Ecológica de Águas Emendadas 6
- Figura 2. Localização das áreas da Reserva Ecológica do IBGE, Fazenda Água Limpa (FAL) e Jardim Botânico de Brasília (JBB) dentro da APA das bacias Gama e Cabeça de Veado (em amarelo). Fonte: Base de dados: SICAD 1:100.000 - 1997- CODEPLAN 7
- Figura 3. Precipitação (mm) registrada nas estações meteorológicas da Reserva Ecológica do IBGE e Fazenda Água Limpa (FAL), Distrito Federal (Brasil), nos anos de 2011 e 2012. Fonte: Administrações da Reserva Ecológica do IBGE e da Fazenda Água Limpa. 9
- Figura 4. Solos da APA das bacias do Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal, Brasil. 11
- Figura 5. Imagens dos pontos de coleta no Córregos Cabeça de Veado (A), Capetinga (B), Pitoco (C), Roncador (D) e Taquara (E). No canto inferior direito (F), arbustos e árvores sem folhas e invasão de samambaias na Mata de Galeria do Córrego Taquara, 80 dias após a passagem do fogo. 12
- Figura 6. Esquema ilustrativo das instalações presentes no Córrego Cabeça de Veado, Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília, DF..... 13
- Figura 7. Esquema ilustrativo das instalações presentes no Córrego Capetinga, Estação Ecológica da Universidade de Brasília, Fazenda Água Limpa (FAL), DF. 13
- Figura 8. Esquema ilustrativo das instalações presentes no Córrego Pitoco, Reserva Ecológica do IBGE, DF. .. 14
- Figura 9. Esquema ilustrativo das instalações presentes no Córrego Taquara, Reserva Ecológica do IBGE, DF. 14
- Figura 10. Áreas de drenagem total e contribuição do Córrego Pitoco, Reserva Ecológica do IBGE, DF. 24
- Figura 11. Área de drenagem total e contribuição do Córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE, DF..... 24
- Figura 12. Área de drenagem total e contribuição do Córrego Taquara, Reserva Ecológica do IBGE, DF. 25
- Figura 13. Área de drenagem total e contribuição do Córrego Cabeça de Veado, Estação Ecológica do Jardim Botânico (EEJBB), DF. 25
- Figura 14. Área de drenagem total e contribuição do Córrego Capetinga, Estação Ecológica da Universidade de Brasília (EEUnB), Fazenda Água Limpa, DF. 26
- Figura 15. Frequência de incêndios florestais detectados nas áreas de drenagem (total e de contribuição) dos Córregos Cabeça de Veado (JBB), Pitoco, Roncador e Taquara (IBGE) e Capetinga (FAL), entre os anos de

2002 e 2012. 28

Figura 16. Variação da profundidade da coluna d'água (m), velocidade ($m.s^{-1}$), vazão ($m^3.s^{-1}$) e temperatura ($^{\circ}C$) de córregos da APA Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal (Brasil), entre outubro de 2011 e dezembro de 2012. 30

Figura 17. Percentual das concentrações de formas inorgânicas de nitrogênio dissolvido ($N-NH_4^+$, $N-NO_2^-$ e $N-NO_3^-$) (%) e valores medianos do total de nitrogênio inorgânico dissolvido (NID) (μM) em córregos da APA Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal (Brasil), entre setembro de 2011 e outubro de 2012. 34

Figura 18. Variação sazonal do pH, carbono inorgânico dissolvido (CID) (μM), condutividade elétrica ($\mu S.cm^{-1}$), oxigênio dissolvido ($mg.l^{-1}$), saturação de O_2 (%) e turbidez (NTU) em córregos da APA Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal (Brasil), entre setembro de 2011 e dezembro de 2012. 39

Figura 19. Variação sazonal do amônio (NH_4^+), nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-), nitrogênio inorgânico dissolvido (NID), cálcio (Ca^{+2}), magnésio (Mg^{+2}), sódio (Na^+) e potássio (K^+) (μM) em córregos da APA Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal (Brasil), entre setembro de 2011 e dezembro de 2012. 40

Figura 20. Variação sazonal do alumínio (Al^{+3}), ferro (Fe^{+2}), silício (Si^{+4}), sulfato (SO_4^-), fosfato (PO_4^-) e cloreto (Cl^-) (μM) em córregos da APA Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal (Brasil), entre setembro de 2011 e dezembro de 2012. 41

Figura 21. Percentual das concentrações de formas inorgânicas de nitrogênio dissolvido ($N-NH_4^+$, $N-NO_2^-$ e $N-NO_3^-$) e valores medianos do total de nitrogênio inorgânico dissolvido (NID) (μM) em amostras de **deposição atmosférica** na APA Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal (Brasil), entre novembro de 2011 e dezembro de 2012. 43

Figura 22. Variação sazonal do pH, carbono inorgânico dissolvido (CID) (μM), condutividade elétrica ($\mu S.cm^{-1}$), amônio (NH_4^+) (μM), nitrito (NO_2^-) (μM), nitrato (NO_3^-) (μM), cálcio (Ca^{+2}) (μM), magnésio (Mg^{+2}) (μM) em amostras de **deposição atmosférica** na APA Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal (Brasil), entre novembro de 2011 e dezembro de 2012. 46

Figura 23. Variação sazonal do sódio (Na^+), potássio (K^+), alumínio (Al^{+3}), ferro (Fe^{+2}), silício (Si^{+4}), sulfato (SO_4^-), fosfato (PO_4^-) e cloreto (Cl^-) (μM) em amostras de **deposição atmosférica** na APA Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal (Brasil), entre dezembro de 2011 e dezembro de 2012. 47

Figura 24. Percentual das concentrações de formas inorgânicas de nitrogênio dissolvido ($N-NH_4^+$, $N-NO_2^-$ e $N-NO_3^-$) em amostras de **escoamento superficial** na APA Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal (Brasil), entre dezembro de 2011 e dezembro de 2012. 50

Figura 25. Variação sazonal do pH, carbono inorgânico dissolvido (CID) (μM), condutividade elétrica ($\mu S.cm^{-1}$), amônio (NH_4^+) (μM), nitrito (NO_2^-) (μM), nitrato (NO_3^-) (μM), cálcio (Ca^{+2}) (μM), magnésio (Mg^{+2}) (μM) em amostras de **escoamento superficial** na APA Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal (Brasil), entre dezembro de 2011 e dezembro de 2012. 52

Figura 26. Variação sazonal do sódio (Na^+), potássio (K^+), alumínio (Al^{+3}), ferro (Fe^{+2}), silício (Si^{+4}), sulfato (SO_4^-), fosfato (PO_4^-) e cloreto (Cl^-) (μM) em amostras de **escoamento superficial** na APA Gama e Cabeça de

Veado, Distrito Federal (Brasil), entre dezembro de 2011 e dezembro de 2012. 53

Figura 27. Percentual das concentrações de formas inorgânicas de nitrogênio dissolvido (N-NH₄⁺, N-NO₂⁻ e N-NO₃⁻) em amostras de **solução freática** nas Matas de Galeria do Córrego Pitoco e Taquara, ambas localizadas na APA Gama e Cabeça de Veado (Brasil), entre novembro de 2011 e dezembro de 2012. 55

Figura 28. Variação sazonal do pH, carbono inorgânico dissolvido (CID) (μM), condutividade elétrica (μS.cm⁻¹), amônio (NH₄⁺) (μM), nitrito (NO₂⁻) (μM), nitrato (NO₃⁻) (μM), cálcio (Ca⁺²) (μM), magnésio (Mg⁺²) (μM) em amostras de **solução freática** nas Matas de Galeria do Córrego Pitoco e Taquara, ambas localizadas na APA Gama e Cabeça de Veado (Brasil), entre novembro de 2011 e dezembro de 2012. 58

Figura 29. Variação sazonal do potássio (K⁺), sódio (Na⁺), alumínio (Al⁺³), ferro (Fe⁺²), silício (Si⁺⁴), sulfato (SO₄⁻), fosfato (PO₄⁻) e cloreto (Cl⁻) (μM) em amostras de **solução freática** nas Matas de Galeria do Córrego Pitoco e Taquara, ambas localizadas na APA Gama e Cabeça de Veado (Brasil), entre novembro de 2011 e dezembro de 2012. 59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização das microbacias dos Córregos Capetinga (FAL), Cabeça de Veado (JBB), Pitoco, Roncador e Taquara (IBGE).	10
Tabela 2. Coordenadas geográficas e elevação (m) dos pontos de coleta nos Córregos Cabeça de Veado (JBB), Capetinga (FAL), Pitoco, Roncador e Taquara (IBGE)	15
Tabela 3. Dias de realização, precipitação acumulada (72 horas antes da coleta) e média mensal (mm).	15
Tabela 4. Profundidade e distância em relação aos respectivos córregos dos poços instalados nas Matas de Galeria dos Córregos Pitoco e Taquara.	17
Tabela 5. Arquivos digitais utilizados nos trabalhos que envolveram geoprocessamento.	19
Tabela 6. Áreas de drenagem total (AD) (km ²), áreas de drenagem à montante dos pontos de coleta (AC) (km ²) e fração da AC em relação à respectiva AD (%) de córregos da Área de Proteção Ambiental das bacias do Gama e Cabeça de Veado.	23
Tabela 7. Contabilização das áreas afetadas por incêndios florestais entre 2002 e 2012 em áreas de drenagem (AD) e áreas de drenagem à montante dos pontos de coleta (AC) de córregos da Área de Proteção Ambiental das bacias do Gama e Cabeça de Veado. Os valores percentuais referem-se as respectivas frações de área queimada em relação as AD's e AC's. Nos anos de 2004, 2006, 2008, 2009 e 2012 não foram detectadas queimadas nas áreas de estudo, sendo que em 2002, 2003 e 2010, os incêndios não atingiram nenhuma das áreas de contribuição.	27
Tabela 8. Quantidade de incidências e respectivas áreas atingidas anualmente pelos incêndios florestais entre 2002 e 2012 nas áreas de drenagem (AD) e áreas de drenagem à montante dos pontos de coleta (AC) de córregos da Área de Proteção Ambiental Gama e Cabeça de Veado. Os valores percentuais referem-se as respectivas frações de área queimada em relação as AD's e AC's.	28
Tabela 9. Valores medianos (desvio-interquartílico) de parâmetros analisados em córregos da APA Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal (Brasil), entre setembro de 2011 e outubro de 2012. Letras diferentes indicam que os valores diferiram entre si pelo teste de Dunn ($\alpha = 0,05$). Ausência de letras após os valores indica que não houve diferença.	31
Tabela 10. Concentrações medianas seguidas do desvio-interquartílico (μM) de íons analisados em córregos da APA Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal (Brasil), entre setembro de 2011 e outubro de 2012. Letras diferentes indicam que os valores diferiram entre	

si pelo teste de Dunn ($\alpha = 0,05$). Ausência de letras após os valores indica que não houve diferença. 33

Tabela 11. Concentrações medianas seguidas do desvio-interquartílico das frações inorgânicas de nitrogênio dissolvido (N-NH_4^+ , N-NO_2^- e N-NO_3^-) e do total de nitrogênio inorgânico dissolvido (NID) (μM) em córregos da APA Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal (Brasil), entre setembro de 2011 e outubro de 2012. Letras maiúsculas diferentes indicam que os valores (colunas) diferiram entre si pelo teste de Dunn ($\alpha = 0,05$). 35

Tabela 12. Valores medianos observados nos períodos chuvoso (outubro a março) e seco (abril a setembro) dos parâmetros analisados em córregos da APA Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal (Brasil), entre setembro de 2011 e outubro de 2012. O asterisco (*) indica o maior valor pelo teste *t* ou Mann-Whitney ($\alpha = 0,05$). C = Período chuvoso; S = Período Seco; CID = Carbono Inorgânico Dissolvido..... 37

Tabela 13. Valores medianos observados no primeiro período de transição (de setembro a dezembro de 2011) e no segundo (de setembro a dezembro de 2012) dos parâmetros analisados em córregos da Reserva Ecológica do IBGE, Distrito Federal (Brasil). O asterisco (*) indica o maior valor pelo teste *t* ou Mann-Whitney ($\alpha = 0,05$). T1 = setembro a dezembro de 2011; T2 = setembro a dezembro de 2012; CID = Carbono Inorgânico Dissolvido..... 38

Tabela 14. Valores medianos (desvio-interquartílico) das variáveis analisadas em amostras de **deposição atmosférica** na APA Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal (Brasil), entre novembro de 2011 e dezembro de 2012. Não houve diferença significativa entre eles pelo teste de Kruskal-Wallis ($\alpha = 0,05$). CID = Carbono Inorgânico Dissolvido. 42

Tabela 15. Concentrações medianas seguidas do desvio-interquartílico (μM) das frações inorgânicas de nitrogênio dissolvido (N-NH_4^+ , N-NO_2^- e N-NO_3^-) e do total de nitrogênio inorgânico dissolvido (NID) (μM) em amostras de **deposição atmosférica** na APA Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal (Brasil), entre novembro de 2011 e dezembro de 2012. Letras maiúsculas diferentes indicam que os valores (colunas) diferiram entre si pelo teste de Dunn ($\alpha = 0,05$). Os valores de NID entre matas não diferiram. 44

Tabela 16. Valores medianos dos parâmetros analisados em amostras de **deposição atmosférica** no período chuvoso (outubro a março) e seco (abril a setembro) na APA Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal (Brasil). O período amostral compreendeu de novembro de 2011 a dezembro de 2012. CID = Carbono Inorgânico Dissolvido. 45

Tabela 17. Valores medianos (desvio-interquartílico) das variáveis analisadas em amostras de **escoamento superficial** na APA Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal (Brasil), entre dezembro de 2011 e dezembro de 2012. CID = Carbono Inorgânico Dissolvido..... 49

Tabela 18. Concentrações medianas (μM) seguidas do desvio-interquartílico das frações inorgânicas de nitrogênio dissolvido (N-NH_4^+ , N-NO_2^- e N-NO_3^-) e do total de nitrogênio inorgânico dissolvido (NID) (μM) em amostras de **escoamento superficial** na APA Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal (Brasil), entre dezembro de 2011 e dezembro de 2012. Letras maiúsculas diferentes indicam que os valores (colunas) são diferentes entre si pelo teste de Dunn ($\alpha = 0,05$). Os valores de NID entre matas não diferiram entre si..... 49

Tabela 19. Valores medianos observados no período chuvoso (outubro a março) e seco (abril a setembro) dos parâmetros analisados em amostras de **escoamento superficial** na APA Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal (Brasil), entre dezembro de 2011 e dezembro de 2012 51

Tabela 20. Valores medianos (desvio-interquartílico) das variáveis analisadas em amostras de **solução freática** nas Matas de Galeria do Córrego Pitoco e Taquara, ambas localizadas na APA Gama e Cabeça de Veado (Brasil), entre novembro de 2011 e dezembro de 2012. O asterisco (*) indica o maior valor pelo teste de Dunn ($\alpha = 0,05$). CID = Carbono Inorgânico Dissolvido..... 54

Tabela 21. Concentrações medianas seguidas do desvio-interquartílico (μM) das frações inorgânicas de nitrogênio (N) dissolvido em amostras de **solução freática** nas Matas de Galeria do Córrego Pitoco e Taquara, ambas localizadas na APA Gama e Cabeça de Veado (Brasil), entre novembro de 2011 e dezembro de 2012. Letras maiúsculas diferentes indicam que os valores (colunas) diferiram entre si pelo teste de Dunn ($\alpha = 0,05$). O asterisco (*) indica o maior valor de NID pelo mesmo teste. 55

Tabela 22. Valores medianos observados no período chuvoso (outubro a março) e seco (abril a setembro) dos parâmetros analisados em amostras de **solução freática** nas Matas de Galeria do Córrego Pitoco e Taquara, ambas localizadas na APA Gama e Cabeça de Veado (Brasil), entre novembro de 2011 e dezembro de 2012. CID = Carbono Inorgânico Dissolvido. 57

Tabela 23. Fluxo de nutrientes ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$) em amostras de deposição atmosférica em microbacias localizadas na APA Gama e Cabeça de Veado (Brasil), entre setembro de 2011 e dezembro de 2012..... 60

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	4
2.1. Objetivos específicos.....	4
3. HIPÓTESES	5
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	5
4.1. Localização.....	5
4.2. Metodologia.....	12
Cronograma de coletas	15
Coleta de soluções	16
Análise das soluções.....	18
Análises em Geoprocessamento	19
Análises estatísticas	22
5. RESULTADOS	23
5.1 Delimitação das áreas de drenagem e áreas de contribuição à montante do ponto de coleta.....	23
5.2 Delimitação da área queimada.....	26
Monitoramento dos incêndios florestais entre 2002 e 2012.....	26
Incidência de incêndios florestais.....	27
5.3 Características hidrológicas, físicas e químicas dos córregos	30
Nutrientes	32
Nitrogênio - formas inorgânicas dissolvidas	34
Comparação entre períodos chuvoso e seco	35
Comparação entre os meses de setembro e dezembro (2011 x 2012).....	36
5.4 Deposição atmosférica.....	42
Nitrogênio - formas inorgânicas dissolvidas	43
Comparação entre períodos chuvoso e seco	44
5.5 Escoamento superficial.....	48
Nitrogênio - formas inorgânicas dissolvidas	48
Comparação entre períodos chuvoso e seco	51
5.6 Solução Freática	54
Nitrogênio - formas inorgânicas dissolvidas	55
Comparação entre períodos chuvoso e seco	56
5.7 Fluxo de nutrientes em amostras de deposição atmosférica.....	60
6. DISCUSSÃO	62
Incidência de incêndios florestais entre 2002 e 2012.....	62
Efeitos dos incêndios florestais sobre a água de córregos e o fluxo de nutrientes.....	63
Características físico-químicas	67
Nutrientes	70
Considerações finais	74
7. CONCLUSÕES.....	75
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
ANEXO	86

1. INTRODUÇÃO

A situação dos recursos hídricos brasileiros é confortável quando comparada a outros países, embora problemas quanto a distribuição espacial desigual, sazonalidade da precipitação, poluição, degradação e assoreamento dos mananciais sejam aspectos preocupantes (ANA, 2012). Para evitar a degradação dos cursos d'água, a cobertura vegetal é um dos fatores mais importantes.

O Cerrado, bioma que está presente em nove das 12 regiões hidrográficas brasileiras, já perdeu mais da metade sua cobertura original (CRS/IBAMA, 2011). Na área de sua abrangência brotam águas que contribuem com cerca de 70% de toda a vazão apurada nas bacias do São Francisco, Paraná/Paraguai e Tocantins (Lima & Silva, 2005). Conseqüentemente, a perda da cobertura vegetal nativa deste bioma tem impactos diretos e importantes na produção e qualidade da água destas bacias.

Segundo Myers *et al.* (2000), o Cerrado é considerado um dos 25 hotspots mundiais, pois configura-se como uma área de elevada biodiversidade e que sofre avançado processo de conversão e degradação. Em 2010, estudos apontaram que restam apenas 50,84% de sua área com vegetação natural remanescente e que, mesmo diante deste quadro, atualmente o Cerrado possui apenas 7,44% de área protegida por unidades de conservação, federais, estaduais e municipais (CRS/IBAMA, 2011).

Entre as formações florestais mais ameaçadas do bioma encontram-se as Matas de Galeria - vegetação que acompanha rios de pequeno porte e córregos formando corredores fechados sobre o curso de água (Ribeiro & Walter, 2008). Apesar de ocuparem apenas 5% da área do Cerrado, agrupam cerca de 32% de toda a biodiversidade encontrada no bioma (Felfili *et al.*, 2001), desempenham papel de corredores ecológicos e também têm grande importância na manutenção, funcionamento e equilíbrio dos ecossistemas lóticos, notoriamente por exercer controle sobre a entrada de matéria e energia do material alóctone que chega aos cursos de água (Lima, 1989; Webster & Meyer, 1997). A estabilização das margens dos cursos de água, proteção de nascentes, controle da erosão edáfica, bem como filtragem de sedimentos, substâncias químicas e nutrientes são outras relevantes funções exercidas pelas Matas de Galeria (Lowrance *et al.*, 1984; Barling & Moore, 1994).

De acordo com Santos *et al.* (2001), a agropecuária e a retirada de madeira são os principais fatores de degradação das Matas de Galeria, assim como as queimadas, problema comum em toda a área do Cerrado, que vem atingindo porções florestais cada vez maiores. Nestes ambientes, a passagem do fogo é geralmente devastadora. Matas ciliares não contém

espécies com adaptações morfológicas e fisiológicas ao fogo como as presentes em fitofisionomias savânicas, o que ocasiona mudanças estruturais e funcionais nas mesmas (Sevilha, 1999).

Embora os incêndios florestais sejam historicamente comuns na região (Vicentini, 1993), a ação humana tem amplificado os efeitos negativos do fogo sobre a flora, fauna e recursos hídricos. De acordo com Minshall *et al.* (1989), incêndios florestais causam diversas alterações indiretas nos sistemas aquáticos, sobretudo em cursos d'água que tiveram suas áreas de contribuição à montante afetadas.

Os distúrbios ocorridos em bacias hidrográficas são primeiramente refletidos em córregos de pequeno porte (Richey *et al.* 1997), os quais são importantes no funcionamento de ecossistemas pelo fato de serem elementos de ligação entre ambientes terrestres e rios de maior porte (Thomas *et al.*, 2004). Os rios e córregos que compõem uma bacia hidrográfica podem ser considerados sistemas abertos, pois mantêm intercâmbio constante de nutrientes com o sistema terrestre adjacente através das vias de fluxo de entrada e saída de nutrientes (McClain *et al.*, 2001). A transferência de nutrientes em ecossistemas é realizada pelas vias hidrológicas que conectam atmosfera, vegetação, solo e água superficiais, sendo que a quantidade de água no sistema depende do regime hidrológico, enquanto a química é determinada pelo trajeto percorrido pela água (Leite, 2011). Segundo Vannote *et al.* (1980), córregos de pequeno porte mantêm grande parte da produtividade primária pelo incremento de nutrientes advindos da vegetação ripária que os circundam, visto que a produtividade autóctone, isto é, a produzida dentro do canal do córrego, é incipiente devido a pouca luminosidade que o atinge.

Segundo Miranda *et al.* (2004), um dos mais importantes impactos do fogo na vegetação do Cerrado é sua influência sobre a ciclagem de nutrientes, o que vai depender da frequência dos incêndios. Estudos conduzidos no Parque Nacional de Emas mostraram que a frequência de incêndios naturais no Cerrado pode variar de um a mais de nove anos, dependendo da fitofisionomia (França *et al.*, 2007; Ramos-Neto & Pivello, 2000), enquanto incêndios de origem antrópica geralmente tem afetado áreas com frequência de um e quatro anos (Sato *et al.*, 2010). No entanto, incêndios naturais geralmente estão associados a raios seguidos de chuvas, o que minimiza a propagação destes pelo ambiente (França *et al.*, 2007).

As queimadas promovem uma rápida mineralização da matéria orgânica, depositando cinzas na superfície do solo, e a volatilização de nutrientes para a atmosfera como gases (principalmente nitrogênio, enxofre) ou partículas finas (caso do cálcio, potássio e magnésio)

(Dias, 1992). O conteúdo elementar destas cinzas é de grande relevância para a nutrição das plantas, mas estas podem ser facilmente lixiviadas nas primeiras chuvas que ocorrerem depois das queimadas, fazendo com que a incorporação dos nutrientes constituintes das cinzas fique restrita às camadas mais superficiais do solo (Cavalcanti, 1978; Batmanian, 1983). Chandler *et al.* (1983) observaram que estas cinzas são constituídas principalmente por bicarbonatos, nitratos, amônio e nitrogênio orgânico.

Os efeitos das queimadas sobre os componentes do ciclo hidrológico e do fluxo de nutrientes variam conforme a precipitação, tamanho e intensidade do fogo, tipo de vegetação, tipo de solo e topografia da bacia de drenagem (Chandler *et al.*, 1983). Segundo estes mesmos autores, queimadas intensas provocam alterações no escoamento superficial, erosão do solo e infiltração da água, enquanto as de baixa intensidade deixam alguma serapilheira sobre o solo e, por isso, causam pequeno ou nenhum efeito sobre estes processos. Estes autores ainda ressaltam que incêndios florestais podem alterar a química e a estabilidade de córregos, o que compromete diversos processos ecossistêmicos.

Outra consequência perceptível deste processo é a eutrofização (excesso de nutrientes) destes ambientes, promovendo o crescimento de organismos autótrofos que aumentam o consumo de oxigênio e, em consequência disso, o possível aumento da mortalidade de invertebrados aquáticos e peixes (Dias, 1994; França *et al.*, 2007). De acordo com Dias (1994), a eutrofização temporária destes sistemas pode acontecer devido a ocorrência de incêndios de grande porte no fim da estação seca, principalmente em terrenos íngremes, pois estas condições permitem maior carreamento de cinzas para corpos d'água. Em uma das mais importantes unidades de conservação do Cerrado, o Parque Nacional das Emas, França *et al.* (2007) relatam que ambientes úmidos são frequentemente atingidos por queimadas naturais ou antrópicas, o que pode causar alterações de pH, composição iônica e balanço de energia nestas áreas.

Boa parte dos estudos sobre os efeitos do fogo no Cerrado concentram-se na influência deste sobre a dinâmica e composição das diferentes fitofisionomias do bioma (Meirelles *et al.*, 1997; Sevilha, 1999; Santiago *et al.*, 2005; Silva Júnior *et al.*, 2005, Parca, 2007; Oliveira, 2010; Miranda *et al.*, 2010). No entanto, alguns trabalhos vem sendo realizados tendo como objeto de pesquisa as consequências das queimadas na qualidade dos recursos hídricos e no fluxo de nutrientes em fitofisionomias do Cerrado (Nardoto, 2000; Resende, 2001; Parron, 2004; Silva, 2008).

Embora estes estudos tenham contribuído significativamente no entendimento sobre o

comportamento das propriedades físico-químicas de córregos e demais componentes do fluxo de nutrientes após a passagem de fogo, uma das questões ainda pouco compreendidas nesta linha de pesquisa é o que acontece na água de córregos e no fluxo de nutrientes em matas de galeria de áreas naturais imediatamente após as queimadas.

Os efeitos dos incêndios florestais sobre a ciclagem de nutrientes estão fortemente atrelados com a dinâmica da precipitação e o tempo após a passagem do fogo, sendo que para observar estes efeitos em microbacias é primordial iniciar o monitoramento logo após os incêndios na área, considerando que grande parte das cinzas deixadas na superfície do solo são rapidamente lixiviadas ou escoadas logo nas primeiras chuvas após a passagem do fogo (Cavalcanti, 1978; Batmanian, 1983). Estas mesmas chuvas também transportam de volta a superfície terrestre parte dos aerossóis e partículas volatizados pelos incêndios na queima da matéria orgânica (Arcova *et al.*, 1985).

O volume das chuvas, isto é, a quantidade de água que precipita sobre a superfície terrestre em cada chuva, é outro fator muito importante na dinâmica dos ecossistemas atingidos por incêndios florestais. De acordo com Cromack *et al.* (2000), eventuais perdas de matéria orgânica e nutrientes em incêndios de grande proporção seguidos de precipitações intensas podem ser substanciais.

Diante disso, o presente trabalho pretende contribuir no entendimento dos efeitos dos incêndios florestais nas características físico-químicas de componentes do fluxo de nutrientes de microbacias nos primeiros doze meses após a passagem do fogo, ressaltando os efeitos das primeiras chuvas e da intensidade da precipitação.

2. OBJETIVOS

O objetivo do estudo foi avaliar os efeitos do incêndio florestal ocorrido em 2011 nas características de córregos e outros componentes do fluxo de nutrientes (deposição atmosférica, solução de escoamento superficial e solução do lençol freático) contidos em Matas de Galeria da APA das bacias Gama e Cabeça de Veado.

2.1. Objetivos específicos

Os objetivos específicos foram:

- Definir o tamanho e porcentagem das áreas de drenagem dos córregos que foram afetadas por incêndios florestais entre 2002 e 2012, com enfoque no incêndio ocorrido em 2011;
- Verificar as alterações nas características físico-químicas de córregos da APA das bacias

Gama e Cabeça de Veado presentes em áreas naturais logo após o incêndio florestal de setembro de 2011 até dezembro de 2012;

- Avaliar e comparar a concentração de nutrientes e parâmetros químicos da deposição atmosférica, e das soluções de escoamento superficial e freática em áreas com diferentes superfícies atingidas pelo incêndio de 2011;
- Avaliar e comparar a variação sazonal dos parâmetros analisados (período seco *versus* chuvoso, e período de transição após o incêndio (setembro a dezembro de 2011) *versus* mesmo período do ano posterior (setembro a dezembro de 2012)).

3. HIPÓTESES

As hipóteses testadas neste estudo foram:

H1. As maiores variações nas concentrações de nutrientes e de valores nos parâmetros físico-químicos serão encontradas em córregos e demais vias de fluxo de nutrientes que tiveram maior porcentagem de respectiva área de contribuição atingida pelo incêndio florestal de 2011;

H2. Logo após o incêndio serão observadas maiores concentrações de nutrientes nos córregos do que no mesmo período do ano subsequente, isto é, na comparação entre os meses de setembro e dezembro de 2011 com setembro e dezembro de 2012, em virtude do acúmulo de cinzas na superfície do solo e deposição de aerossóis do compartimento atmosférico que serão lixiviados e/ou escoados para o canal de água;

H3. As maiores concentrações de nutrientes nas áreas estudadas ocorrerão no período seco (abril a setembro), quando comparado ao chuvoso (outubro a maio), pois neste último ocorrerá maior diluição em virtude do aumento do volume da precipitação.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Localização

Este estudo foi realizado na APA das bacias Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal, que foi criada por meio do Decreto Distrital n.º 9.417, de 21 de abril de 1986. Sua área é de 23.650 hectares, localizando-se na região sudoeste do Distrito Federal. Segundo a Unesco (2003), ela é a unidade de conservação do Distrito Federal com maior número de áreas de preservação ou proteção em sua área de abrangência, mesclando áreas urbanas e rurais, além de abrigar diversas instituições federais e distritais.

Este trabalho foi realizado em cinco córregos e respectivas matas de galeria contidas

nas seguintes áreas: Estação Ecológica (Reserva Ecológica) do IBGE, Estação Ecológica da Universidade de Brasília (Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) Capetinga-Taquara), localizada na Fazenda Água Limpa (FAL), e Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília (JBB) (Figura 1 e 2).

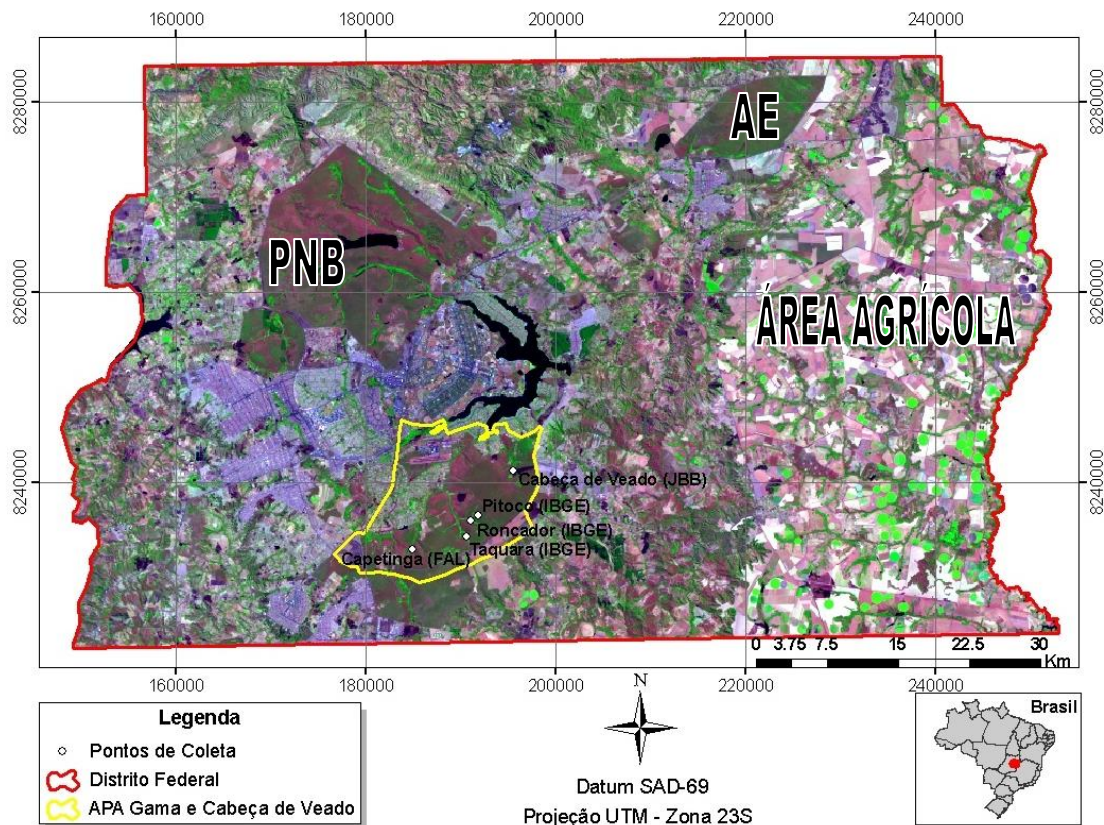


Figura 1. Localização dos pontos de coleta do presente estudo nos Córregos Capetinga, (FAL), Cabeça de Veado (JBB), Pitoco (IBGE), Roncador (IBGE) e Taquara (IBGE), ressaltando a APA das bacias do Gama e Cabeça de Veado dentro do território do Distrito Federal, Brasil. PNB = Parque Nacional de Brasília; AE = Estação Ecológica de Águas Emendadas

Reserva Ecológica do IBGE

A Reserva Ecológica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), antigamente denominada de Reserva Ecológica do Roncador (RECOR), foi criada pela Resolução nº26, de 22 de dezembro de 1975, da Presidência do Instituto Brasileiro de Geográfica e Estatística, inicialmente contando com uma área de 1.300ha. Antes de ser desapropriada (em 1956) era uma fazenda do ramo da pecuária e agricultura de subsistência (IBGE, 2004). Ela está situada a 30 km ao sul do centro de Brasília, entre as coordenadas geográficas de 15° 56' 41" S e 47° 53' 07" W (Figura 2).

A RECOR possui coleções representativas da flora e fauna do Cerrado, incluindo

coleções de peixes, aves, mamíferos e insetos, além de um herbário especializado. De acordo com Ramos (2002), a Reserva contém os principais tipos fisionômicos que compõem a vegetação do cerrado: 675 ha de Cerrado *stricto sensu*, 15 ha de Cerradão, 467 ha de Campos limpos e sujos, 104 ha de matas ciliares, entre alagadas e secas, e 85 ha de veredas. A flora é bem representativa do Bioma, com 1 503 espécies nativas e 326 exóticas (742 gêneros em 156 famílias (IBGE, 2004).

No tocante a hidrografia, a reserva abriga nascentes de cinco córregos: Pitoco, Escondido, Monjolo, Roncador e Taquara, sendo que os três primeiros deságuam no Roncador, que por sua vez deságua no Ribeirão Taquara. Por fim, todos são afluentes do Ribeirão do Gama, um dos principais tributários do Lago Paranoá (Ramos, 2002).



Figura 2. Localização das áreas da Reserva Ecológica do IBGE, Fazenda Água Limpa (FAL) e Jardim Botânico de Brasília (JBB) dentro da APA das bacias Gama e Cabeça de Veado (em amarelo). Fonte: Base de dados: SICAD 1:100.000 - 1997- CODEPLAN

Estação Ecológica da Universidade de Brasília (EEUnB-FAL)

Criada no âmbito da UnB por meio das Resoluções nº 035 e 043/86), a Estação Ecológica da Universidade de Brasília tem como objetivo proteger aproximadamente 2.340 ha de vegetação do Cerrado, incluindo domínios da Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) Capetinga-Taquara. (SEBRAE-DF, 2007). Ela está localizada na Fazenda Água Limpa (FAL) da Universidade de Brasília, uma das unidades de pesquisa deste centro de ensino, que tem área total de 4.390 ha, situada a 30 km de Brasília, a uma altitude de 1.100 m, nas coordenadas 15°56'-15°59' S e 47°55'-47°58' W (Fiedler *et al.*, 2004) (Figura 2).

De acordo com Felfili *et al.* (1995), a vegetação predominante na FAL é o Cerrado sensu stricto (cerca de 148 ha), com várias espécies raras e endêmicas. Além disso, a área apresenta dois cursos d'água de menor porte (Córrego da Onça e Capetinga e dois Ribeirões (Taquara (divisa com a Reserva Ecológica do IBGE) e Ribeirão do Gama (divisa da FAL com o Setor Park Way), que recebe a drenagem das três microbacias anteriores (Ramos, 2002).

Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília (EEJBB)

O Jardim Botânico de Brasília foi criado em 08 de março de 1985, pelo Decreto Federal nº 8.497, situando-se entre as coordenadas 15°50'–15°55'S, 47°49'–47°55'W, a cerca de 1.056 metros de altitude (Silva Júnior & Sarmiento, 2009). Seus objetivos são “*promover a conservação da flora do Cerrado e suas coleções científicas, a pesquisa, a educação ambiental e o lazer orientado, contribuindo para o esforço global do desenvolvimento sustentável*” (Ramos, 2002). Em 26 de novembro de 1992, foi criada pelo Decreto nº 14.422, a Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília (EEJBB), desmembrando grande parte da área antes somente do JBB. Atualmente, o JBB ocupa uma área de 526,61 ha e a Estação Ecológica 4.429 ha (Figura 2).

A EEJBB abriga diversas fitofisionomias do Cerrado (savânicas, campestres e florestais), além de exemplares importantes da fauna nativa, como tamanduá-mirim, veado-campeiro e lobo-guará (Ramos, 2002). Um de seus principais objetivos é a conservação das cabeceiras do Córrego Cabeça de Veado (Tabela 1), sua principal rede de drenagem, pois parte de suas águas são aproveitadas para abastecimento público por meio de quatro locais de captação (Ramos, 2002).

Um resumo das características das cinco microbacias estudadas está presente na tabela 1 e os tipos de solo encontrados na APA encontram-se na figura 4.

Precipitação nos anos de 2011 e 2012

Em 2011, a precipitação registrada na estação meteorológica da Reserva Ecológica do IBGE apresentou média de 115,6 mm/mês, com máxima sendo registrada em dezembro (366,8 mm), mínima nos meses de junho, julho e agosto (0 mm) e precipitação anual de 1386,9 mm. No ano de 2012, a média foi de 116,2 mm/mês, máxima de 336,7 mm (novembro), mínima de 0 mm (junho, julho e agosto) e precipitação anual de 1361,3 mm. Na Fazenda Água Limpa (FAL), os valores registrados de precipitação em 2011 foram: 137,2 mm/mês (média), máxima de 407,7 mm (outubro), mínima de 0 mm (julho e agosto) e) e precipitação anual de 1646,7 mm. Já em 2012 foram: 105,7 mm/mês (média), máxima de 365,8 mm (novembro), mínima de 0 mm (agosto e setembro) e precipitação anual de 1269 mm (Figura 3).

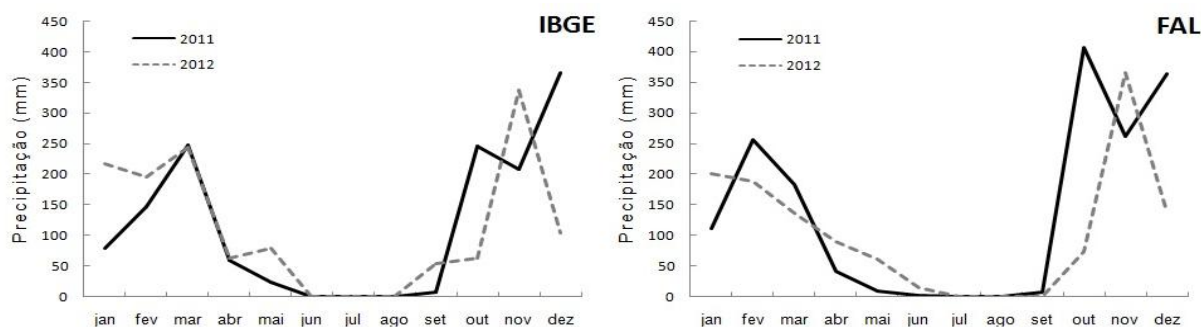


Figura 3. Precipitação (mm) registrada nas estações meteorológicas da Reserva Ecológica do IBGE e Fazenda Água Limpa (FAL), Distrito Federal (Brasil), nos anos de 2011 e 2012. Fonte: Administrações da Reserva Ecológica do IBGE e da Fazenda Água Limpa.

Tabela 1. Caracterização das microbacias dos Córregos Capetinga (FAL), Cabeça de Veado (JBB), Pitoco, Roncador e Taquara (IBGE).

Parâmetro	Microbacia					
	Capetinga	Cabeça de Veado	Pitoco	Roncador	Taquara	Fonte
Clima	Inverno seco e chuvas máximas de verão, tipo Aw (Tropical Úmido de Savana). A precipitação média anual histórica é de 1600 mm, com aproximadamente 75% do volume total de chuvas ocorrendo entre outubro e maio. período chuvoso na região estende-se de outubro a março, enquanto o seco engloba abril a setembro.					Silva et al., 2008
Relevo	Plano (62,7%), com restante da área ondulada a fortemente ondulada, principalmente próximo ao canal de água	Plano (94,8%), com pequenas porções onduladas ou suavemente onduladas.	Totalmente plano (100%)	Plano (99,7%), com insipiente porção ondulada	Plano (93%), com restante da área ondulada ou fortemente ondulada	UGP / SEDUMA, 2011
Tipo de Solo	Cambissolo (42,1%); Latossolo Vermelho (8,3%); Latossolo Vermelho-Amarelo (27,1%); Organossolo-Gleissolos (22,5%)	Cambissolo (10,5%); Latossolo Vermelho (46,7%); Latossolo Vermelho-Amarelo (35,9%); Plintossolo (2,5%); Organossolo-Gleissolos (4,4%)	Latossolo Vermelho (81,8%); Latossolo Vermelho-Amarelo (17,9%); Organossolo-Gleissolos (0,3%)	Cambissolo (5,8%); Latossolo Vermelho (54,4%); Latossolo Vermelho-Amarelo (31,9%); Organossolo-Gleissolos (8,0%)	Cambissolo (18,0%); Latossolo Vermelho (46,8%); Latossolo Vermelho-Amarelo (26,1%); Organossolo-Gleissolos (9,3%)	UGP / SEDUMA, 2011
Textura do solo	Argilosa, com porções Argilosa Cascalhenta Concrecionária e Média	Argilosa, com porções Argilosa Cascalhenta, Argilosa Cascalhenta Concrecionária e Média	Totalmente Argilosa	Argilosa, com porções Argilosa Cascalhenta Concrecionária	Argilosa, com porções Argilosa Cascalhenta Concrecionária e Média	UGP / SEDUMA, 2011
Drenagem	Fortemente a bem drenados, com pequenas porções imperfeitamente a muito mal drenadas	Fortemente a moderadamente drenados, com pequenas porções imperfeitamente a mal drenadas	Fortemente a moderadamente drenados, com pequenas porções imperfeitamente a muito mal drenadas	Fortemente a moderadamente drenados, com pequenas porções imperfeitamente a muito mal drenadas	Solos fortemente a bem drenados, com pequenas porções imperfeitamente drenadas	UGP / SEDUMA, 2011
Fertilidade do solo	Predominantemente distróficos. com alta concentração de óxidos de ferro e alumínio e baixa saturação de bases. As pequenas porções mais férteis são encontradas principalmente em solos sob Matas de Galeria					UGP / SEDUMA, 2011
Vegetação	Mata de Galeria, Cerrado Ralo, Cerrado Típico, Campo Limpo, Campo Sujo e Vereda	Mata de Galeria, Cerrado Típico, Campo Limpo e Campo Sujo	Mata de Galeria, Campo Limpo Úmido, Cerrado Típico, Cerrado Ralo e Campo Sujo sem Murundus	Mata de Galeria, Campo Limpo Úmido, Cerrado Típico, Cerrado Ralo e Campo Sujo sem Murundus, Vereda, Cerrado Denso e Campo Limpo Seco	Mata de Galeria, Cerrado Ralo, Cerrado Típico, Campo Limpo Úmido e Campo Sujo	Ribeiro & Walter, 2008

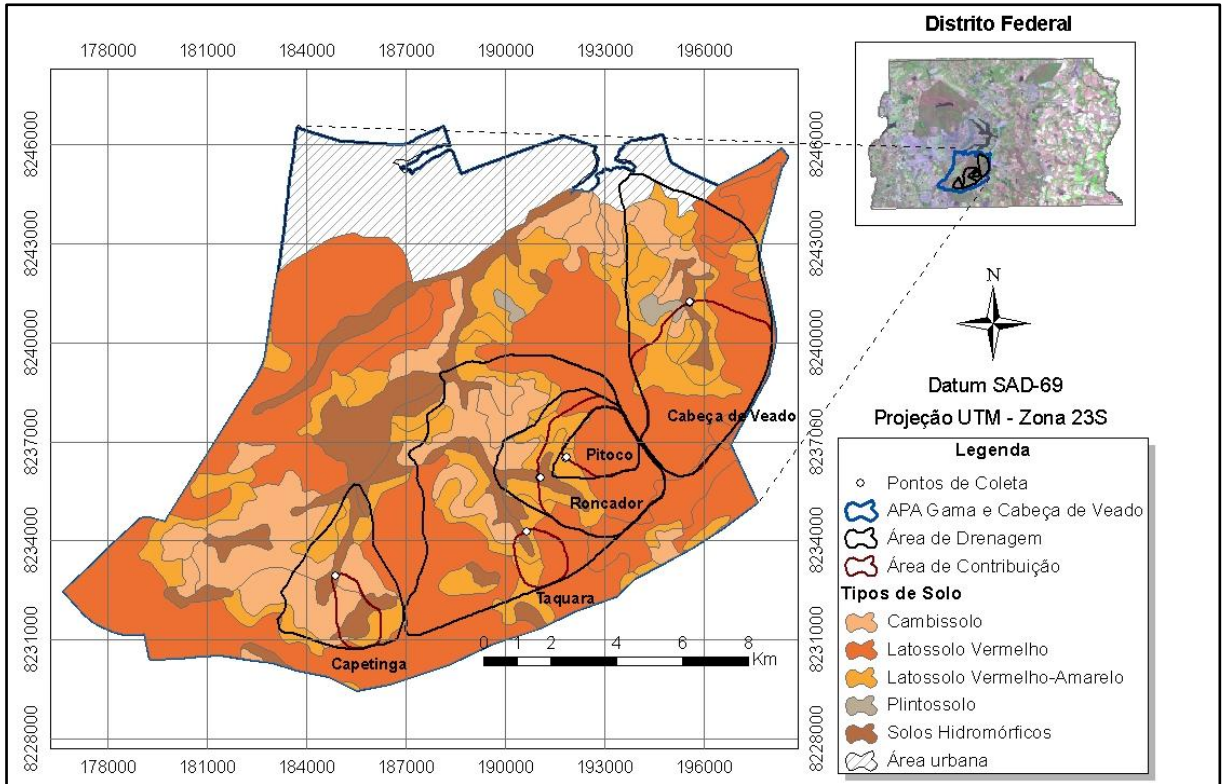


Figura 4. Solos da APA das bacias do Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal, Brasil.

4.2. Metodologia

Pontos de coleta e instalações em campo

Para as coletas realizadas nas Matas de Galeria dos Córregos Capetinga, Cabeça de Veado, Pitoco, Roncador e Taquara (Figura 5), foram definidos dois pontos de amostragem por córrego (dez no total), três coletores da deposição atmosférica, doze coletores da solução do escoamento superficial e cinco coletores da solução freática, sendo que o tipo e a quantidade de coletores variou entre as localidades do presente estudo (Figuras 5 a 9).



Figura 5. Imagens dos pontos de coleta no Córregos Cabeça de Veado (A), Capetinga (B), Pitoco (C), Roncador (D) e Taquara (E). No canto inferior direito (F), arbustos e árvores sem folhas e invasão de samambaias na Mata de Galeria do Córrego Taquara, 80 dias após a passagem do fogo.

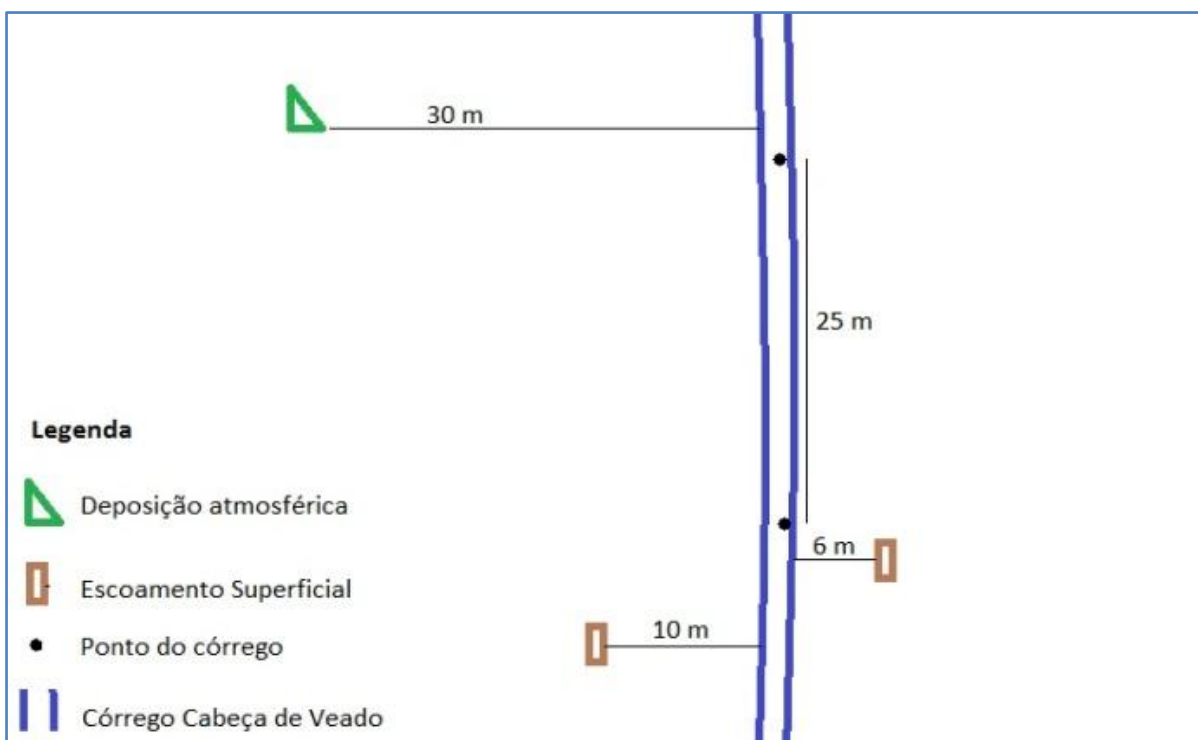


Figura 6. Esquema ilustrativo das instalações presentes no Córrego Cabeça de Veado, Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília, DF.

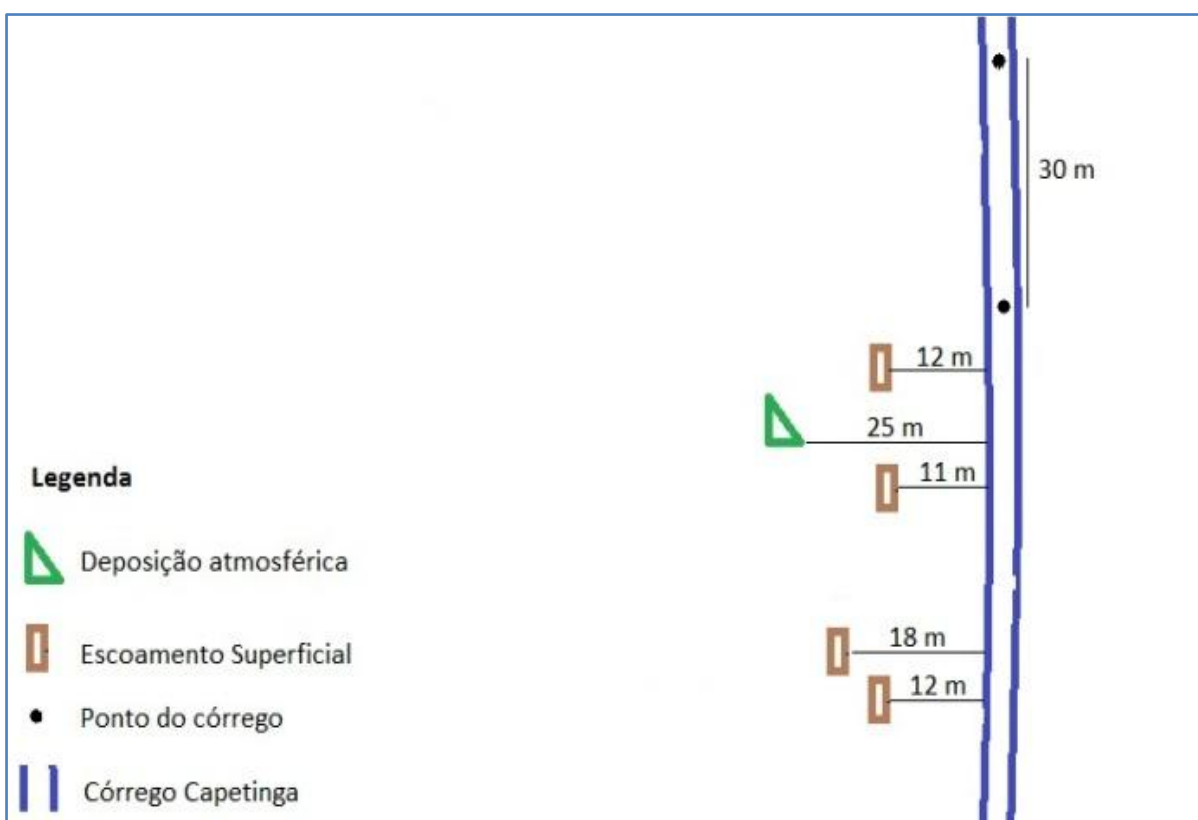


Figura 7. Esquema ilustrativo das instalações presentes no Córrego Capetinga, Estação Ecológica da Universidade de Brasília, Fazenda Água Limpa (FAL), DF.

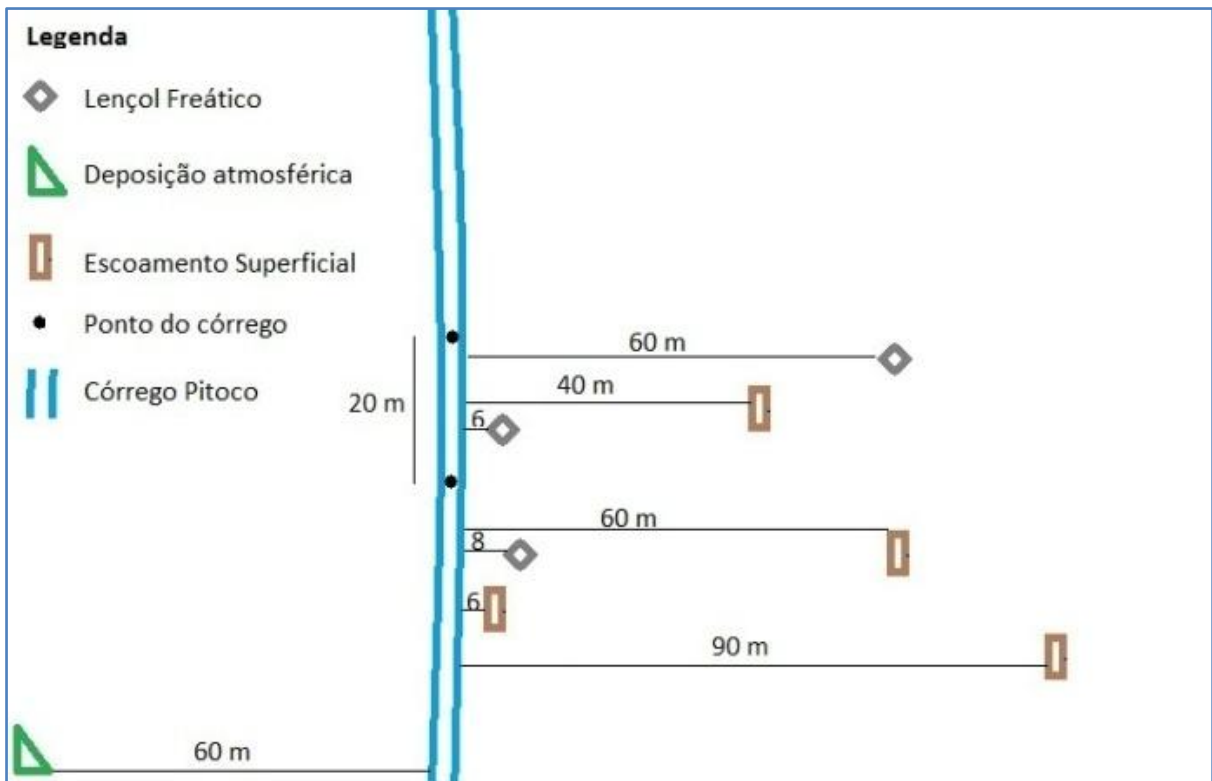


Figura 8. Esquema ilustrativo das instalações presentes no Córrego Pitoco, Reserva Ecológica do IBGE, DF.

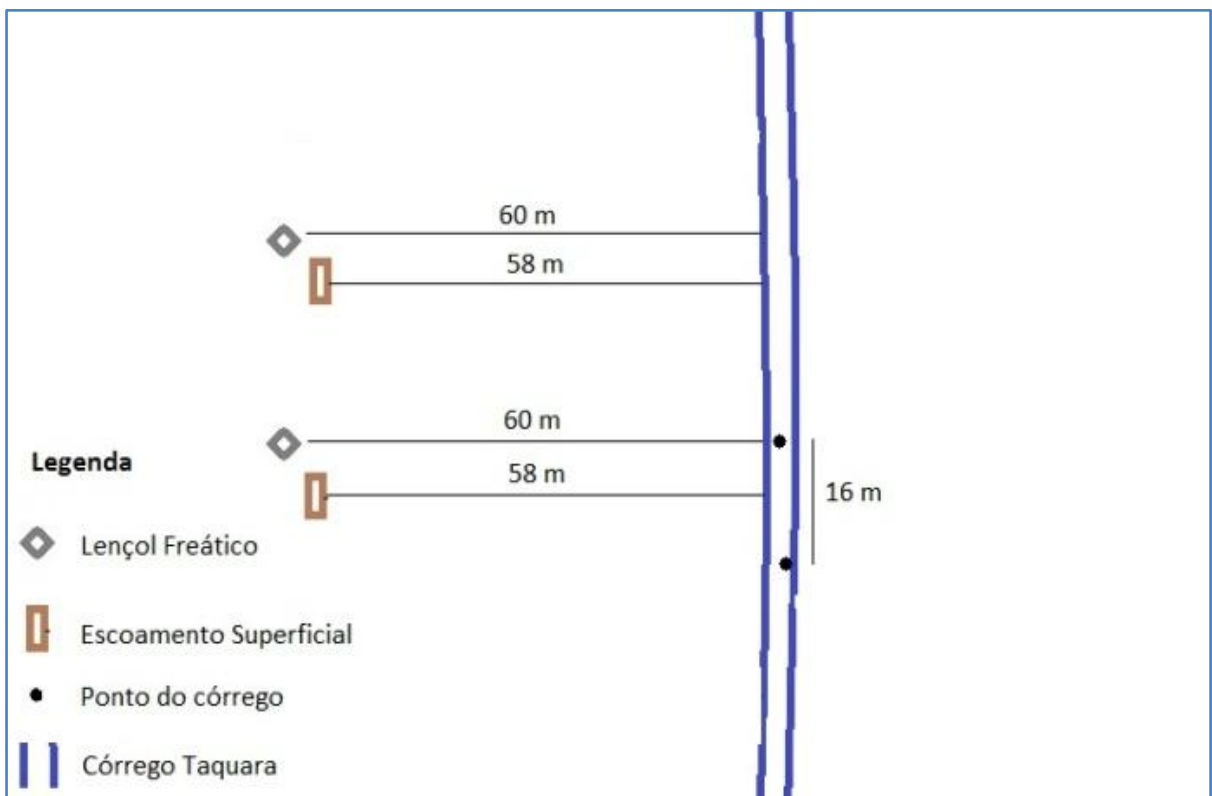


Figura 9. Esquema ilustrativo das instalações presentes no Córrego Taquara, Reserva Ecológica do IBGE, DF.

Cronograma de coletas

A periodicidade das coletas foi quinzenal no período chuvoso (outubro a março) e mensal no período seco (abril a setembro), pois não havia acúmulo de água suficiente em quinze dias para as coletas nesta última. O incêndio florestal atingiu as microbacias entre 07 e 11 de setembro de 2011, sendo que o início das coletas aconteceu no dia 26 de setembro de 2011 nos córregos presentes na Reserva do IBGE, enquanto na FAL e JBB iniciou-se em 15 de dezembro de 2011, terminando todas em dezembro de 2012 (Tabela 4 e 5)

Tabela 2. Coordenadas geográficas e elevação (m) dos pontos de coleta nos Córregos Cabeça de Veado (JBB), Capetinga (FAL), Pitoco, Roncador e Taquara (IBGE)

Córrego	Ponto	Coordenadas	Elevação
Pitoco	1	S15 55.907; W47 52.692	1116 m
Pitoco	2	S15 55.917; W47 52.695	1116 m
Capetinga	1	S15 57.807; W47 56.632	1094 m
Capetinga	2	S15 57.794; W47 56.634	1085 m
Cabeça de Veado	1	S15 53.410; W47 50.557	1082 m
Cabeça de Veado	2	S15 53.396; W47 50.563	1072 m
Taquara	1	S15 57.110; W47 53.376	1072 m
Taquara	2	S15 57.104; W47 53.378	1072 m
Roncador	1	S15 56.248; W47 53.153	1068 m
Roncador	2	S15 56.249; W47 53.162	1068 m

Tabela 3. Dias de realização, precipitação acumulada (72 horas antes da coleta) e média mensal (mm).

2011								
<i>Mês</i>	<i>Setembro</i>	<i>Outubro</i>		<i>Novembro</i>		<i>Dezembro</i>		
Dia da coleta	26	10	21	08	16	01	15	31
Precipitação acumulada (mm)	3,8	15,6	15,8	25,1	28,4	27,2	81,2	3,4
Média mensal (mm)	0,2	7,9		6,9		11,8		
2012								
<i>Mês</i>	<i>Janeiro</i>		<i>Fevereiro</i>	<i>Março</i>		<i>Abril</i>	<i>Mai</i>	<i>Junho</i>
Dia da Coleta	15	31	15	02	17	01	03	06
Precipitação Acumulada (mm)	26,6	1,5	90,2	0	48,1	3,4	0	13,8
Média mensal (mm)	7,0		6,7	7,9		2,1	2,6	0,9
<i>Mês</i>	<i>Julho</i>	<i>Agosto</i>	<i>Setembro</i>	<i>Outubro</i>		<i>Novembro</i>		<i>Dezembro</i>
Dia da Coleta	06	05	06	08	19	03	18	03
Precipitação Acumulada (mm)	0	0	0	0	28,4	71,8	23,6	7,4
Média mensal (mm)	0	0	1,8	2,0		11,2		4,5

Coleta de soluções

Córregos

Em cada um dos pontos de coleta, dois por córrego, foi obtida uma alíquota de 450 ml de água em frasco de polietileno, o qual foi conservado em gelo durante o trajeto campo-laboratório para análises posteriores. Em cada ponto amostral foram realizadas as seguintes aferições: *in loco*: pH, condutividade ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), oxigênio dissolvido ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$), saturação de oxigênio (%), temperatura ($^{\circ}\text{C}$), velocidade da água ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$), profundidade do córrego (m) e largura do córrego (m), sendo que para os demais componentes do fluxo somente foi aferido o pH, condutividade ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) e volume coletado (ml) (Figura 3).; *em laboratório*: vazão média instantânea ($\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$), turbidez (NTU), carbono inorgânico dissolvido (μM) e análises de cátions (sódio, cálcio, magnésio, potássio, ferro e amônio) e ânions (cloreto, sulfato, fosfato, nitrito e nitrato)).

Deposição atmosférica

Nas áreas de contribuição dos Córregos Pitoco (IBGE), Cabeça de Veado (JBB) e Capetinga (FAL), adjacente as respectivas matas de galeria destes córregos, foram instalados coletores de deposição atmosférica (seca + úmida), sendo estes constituídos por uma garrafa de plástico (polietileno) com capacidade para aproximadamente 05 (cinco) litros, pintada em duas camadas (preta e branca), o que teve por objetivo evitar a passagem de luz e o aparecimento de algas (Silva, 2008), acoplada a um funil de polipropileno (18 cm de diâmetro) em sua parte superior, no qual foi colocado um pequeno pedaço de tela de nylon (malha de 2 mm) para evitar a queda de insetos, folhas e outros contaminantes nas amostras. Estes coletores foram colocados em postes de madeira com cerca de 2,3 m de altura.

O volume total coletado nas garrafas era medido com uma proveta plástica de polipropileno, e em seguida uma alíquota de aproximadamente 300 ml foi armazenada num frasco de polietileno conservado em gelo até a chegada ao laboratório. Após o término destes procedimentos, a garrafa de água e os demais equipamentos utilizados na amostragem eram lavados com água destilada.

Escoamento superficial

Para coletar a água proveniente do escoamento superficial foram confeccionados retângulos (10 cm (altura) x 100 cm (largura) x 200 cm (comprimento)) feitos de ripas de madeira, sendo que 70% (7 cm) do coletor foi enterrado em local com declividade suficiente

para proporcionar escoamento da solução superficial do solo para uma aresta na extremidade do retângulo (Figura 14). A aresta que ficou na parte inferior foi feita com calha de policloreto de vinila (PVC), a fim de proporcionar a canalização da água para uma garrafa plástica de polietileno semelhante à da coleta de deposição atmosférica. Esta garrafa foi posicionada próxima ao canto mais baixo do coletor, semi-enterrada para evitar a perda de amostra, conectando-se a ele através de uma mangueira de plástico. A partir das amostras com soluções de escoamento superficial foram aferidos os mesmos parâmetros da deposição atmosférica.

Diante das limitações operacionais e do tempo para o desenvolvimento deste estudo foram instalados coletores de solução de escoamento superficial nas matas de galeria dos córregos Cabeça de Veado (dois), Capetinga (quatro), Pitoco (quatro) e Taquara (dois), próximos aos pontos de coleta (Figuras 4 a 7).

Solução freática

Para a execução deste trabalho foram aproveitados os poços instalados por Silva (2008) para a coleta de solução freática, sendo que os mesmos foram perfurados até o momento que em foi possível alcançar a zona saturada (Tabela 5).

Tabela 4. Profundidade e distância em relação aos respectivos córregos dos poços instalados nas Matas de Galeria dos Córregos Pitoco e Taquara.

Mata de Galeria	Poço	Distância do Córrego (metros)	Profundidade (metros)
Pitoco	01	08	3,7
	02	06	4,7
	03	60	6,4
Taquara	01	60	4,0
	02	60	2,5

Cada um dos poços foi constituído por um cano de PVC de 50 mm de diâmetro, com uma tampa de PVC na extremidade superior para evitar que caiam detritos e água da chuva diretamente no poço. A extremidade final do cano foi aberta para a entrada da solução freática, e na porção inferior dessa peça foram feitas ranhuras laterais com o intuito de permitir a entrada lateral da mesma solução.

A coleta da solução freática foi realizada em duas etapas (dois dias), sendo no

primeiro dia anotada a profundidade da lâmina d'água, e em seguida o poço era esgotado, com o auxílio de um bailer de aproximadamente 1 metro de comprimento. No dia seguinte, a amostra era coletada com um bailer menor (aproximadamente 50 cm), tendo-se o cuidado do mesmo ser lavado com água destilada entre as coletas para evitar possíveis contaminações. No fim, uma alíquota de 280 ml era armazenada em frasco de polietileno e conduzida ao laboratório conservada em gelo para análise.

Nas matas dos córregos Pitoco e Taquara foram instalados cinco poços (três e dois, respectivamente).

A partir das soluções da deposição atmosférica, escoamento superficial e lençol freático, foram aferidos os seguintes parâmetros: ***in loco***: pH, condutividade ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) e volume coletado (ml) (*no caso da solução freática, profundidade da lâmina água*); ***em laboratório***: carbono inorgânico dissolvido, cátions (sódio, cálcio, magnésio, potássio, ferro e amônio) e ânions (cloreto, sulfato, fosfato, nitrito e nitrato) (μM).

Análise das soluções

pH e condutividade elétrica

Os valores de pH e condutividade elétrica foram obtidos em campo com o auxílio do aparelho combinado portátil marca/modelo OAKTON pH/CON 10.

Oxigênio dissolvido ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) e Saturação de Oxigênio (%)

Os valores de oxigênio dissolvido e Saturação de Oxigênio (%) foram determinados em campo com o medidor portátil marca/modelo HANNA HI 9146.

Velocidade média ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) e seção transversal dos córregos (m)

Em cada coleta de água dos córregos foi verificada a velocidade média do curso de água com o auxílio de um aparelho tipo “molinete”. Também foram verificadas a largura e profundidade do curso de água em repetidas medições com o auxílio de uma trena graduada.

Estes procedimentos foram realizados em consonância com o estabelecido no *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (20 edição) (Clesceri *et al.*, 1999).

Turbidez (NTU)

As amostras de cada ponto de coleta eram separadas em frascos específicos e

colocadas no turbidímetro marca/modelo HACH 2001 NA, a fim de aferir a turbidez da amostra. Antes do procedimento o turbidímetro era calibrado com soluções padrões de 0.02, 10, 99,8 e 1000 NTU.

Análises químicas

Da alíquota de 450 ml de água coletada nos córregos, cerca de 60 ml foram filtradas em membrana de nitrato de celulose (marca Millipore, código HAWP04700, membrana ha em esteres de celulose (nitrato 75-80% e acetato), porosidade de 0,45 μ M, 47mm, branca e lisa) por intermédio de bomba de vácuo e congelados para determinação da concentração de cátions e ânions.

As concentrações de sódio (Na⁺), cálcio (Ca⁺), magnésio (Mg⁺²), potássio (K⁺), ferro (Fe²⁺), silício (Si⁴⁺) e sulfato (SO₄⁻) foram aferidos pela técnica da espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES), no equipamento Horiba Jobin Yvon, modelo Ultima 2. Já as concentrações de nitrito (NO₂⁻), nitrato (NO₃⁻), fosfato (PO₄⁻), cloreto (Cl⁻) e amônio (NH₄⁺) foram aferidas por meio de técnicas colorimétricas em um sistema de injeção de fluxo com o espectrofotômetro marca FIA-STAR, Foss Tecator, modelo 5000 A.

A concentração de carbono inorgânico dissolvido (CID) foi aferida no analisador de gases (CO₂) não dispersivo, marca Shimadzu, modelo TOC-VCPH ("Total Organic Carbon Analyser"), com absorvância no comprimento de onda infra-vermelho.

Estas análises foram realizadas no Laboratório de Análise Ambiental e Geoprocessamento da CENA-USP, com trabalhos da técnica Alexandra Ayres Montebelo e coordenação do Prof. Dr. Alex Krusche.

Análises em Geoprocessamento

Para delimitar as áreas de drenagem e quantificar a área queimada em cada microbacia foram utilizados os seguintes materiais digitais listados na Tabela 6.

Tabela 5. Arquivos digitais utilizados nos trabalhos que envolveram geoprocessamento.

Arquivo	Tipo	Descrição e fonte
Imagem da área do Distrito Federal	<i>Raster</i> (.tif)	Imagem do Satélite Landsat 5; Instrumento TM; Órbita 221; Ponto 71; Data: 25/08/2011; Nível de Correção: 02. Disponível no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE): < http://www.dgi.inpe.br/CDSR/ >

Área do Brasil e dos Estados	<i>Shapefile Feature Class</i> (polígonos)	Arquivo obtido, processado e validado pela equipe do Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento da Universidade Federal de Goiás, sob Coordenação do Prof. Dr. Laerte Guimarães Ferreira Site: < http://www.lapig.iesa.ufg.br/lapig/ >
Área da APA das bacias Gama e Cabeça de Veado	<i>Shapefile Feature Class</i> (polígono)	Disponível no site do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) < http://siscom.ibama.gov.br/shapes/ >
Altimetria do Estado de Goiás e Distrito Federal	<i>Raster</i> (.tif)	Arquivo obtido, processado e validado pela equipe do Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento da Universidade Federal de Goiás, sob Coordenação do Prof. Dr. Laerte Guimarães Ferreira. Site: < http://www.lapig.iesa.ufg.br/lapig/ >
Área queimada no Brasil entre 2002 e 2012	<i>Shapefile Feature Class</i> (polígono)	Imagens do Satélite MODIS, produto MCD45A1, resolução espacial de 500 metros, para os anos de 2002 a 2012, obtidos no site da NASA, processados e validados pelo doutorando Fernando Moreira de Araújo e equipe do Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento da Universidade Federal de Goiás, sob Coordenação do Prof. Dr. Laerte Guimarães Ferreira. Site: < http://www.lapig.iesa.ufg.br/lapig/ >
Hidrografia do Distrito Federal	<i>Shapefile Feature Class</i> (linhas)	Arquivo vetorial em formato shapefile de hidrografia fornecido pelo Sistema Cartográfico do Distrito Federal (Sicad) e pelo Sistema de Informação Territorial e Urbana (Siturb), 1997, escala 1:10.000, com algumas alterações balizadas pelo mosaico de fotos aéreas [1] do Distrito Federal, georreferenciado pela empresa Topocart para a Terracap, em 2009, e ajustado a partir da base dados do Sicad/Siturb. Os dados foram fornecidos pelo mestre Alexandre Assis Carvalho e equipe do Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, sob coordenação do professor Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi.
		[1] Composto por 2276 fotos com Câmera Ultracam XP. Resolução espacial de 1 metro.
Solos do Distrito Federal	<i>Shapefile Feature Class</i> (polígonos)	Arquivo gerado nos andamentos do ZEE-DF - Zoneamento Ecológico e Econômico do Distrito Federal. Execução técnica - Greentec Consultoria e Planejamento Ltda, vencedora do processo licitatório - Solicitação de Proposta nº 004/2008,

		por meio do contrato de serviço nº 21/2009 (UGP/SEDUMA). 2011., processado e validado pela equipe do Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, sob coordenação do professor Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi.
Local dos pontos de coleta	<i>Shapefile Feature Class</i> (pontos)	Arquivo gerado pelas coordenadas geográficas dos pontos de coleta obtidas com GPS marca/modelo Garmim eTrex Legend.

Procedimentos gerais

Todos os procedimentos foram realizados no programa ArcGis 9.3. Com os arquivos disponíveis, o primeiro ação tomada foi igualar os sistemas de projeção e datum horizontal dos arquivos digitais, adotando-se a projeção *Universal Transverse Mercator* (UTM), Zone 23S, e o *Datum South American (SAD)* 1969. Para apresentar a localização das áreas de estudo foi elaborado um mapa com base na área do Brasil e respectivos Estados (delimitando a área do Distrito Federal), imagem *raster* da área correspondente ao Distrito Federal (imagem Landsat após a composição das bandas e delimitação da área do Distrito Federal), área da APA das bacias do Gama e Cabeça de Veado (após ter sido delimitada no conjunto das APA's brasileiras) e os pontos de coleta.

Também foram delimitados e caracterizados os tipos de solo presentes na APA das bacias Gama e Cabeça de Veado. O resultado foi apresentado em mapa.

Delimitação de áreas de drenagem

Inicialmente foram carregados três arquivos no ArcGis 9.3: altimetria do Estado de Goiás, Hidrografia do Distrito Federal e local dos pontos de coleta. A delimitação das áreas de drenagem foi realizada através de Modelo Digital de Terreno (MDT) constituído por uma TIN (*Irregular Triangulated Network*) (McCallister & Snoeyink, 1999) do arquivo de altimetria do Estado de Goiás e Distrito Federal, corrigida pela hidrografia (Chaves, 1999). Com a TIN, foi realizada a delimitação manual das áreas de drenagem totais (AD) e áreas de drenagem à montante dos pontos de coleta (área de contribuição = AC) de todas microbacias estudadas (Cabeça de Veado, Capetinga, Pitoco, Roncador e Taquara). Após o fim desta etapa foram gerados mapas para visualização dos resultados com a imagem do Distrito Federal (elaborada na etapa anterior) de fundo. Estes procedimentos foram realizados em parceria com a equipe do Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento da Universidade Federal de Goiás, em especial com a Mestra Janete Rêgo Silva e Doutorando Fernando Moreira de

Araújo, sob Coordenação do Prof. Dr. Laerte Guimarães Ferreira.

Delimitação e quantificação da área queimada nas áreas de drenagem

Nesta etapa foram utilizados os seguintes arquivos: Imagem da área do Distrito Federal, Local dos pontos de coleta, Hidrografia do Distrito Federal, Área queimada no Brasil entre 2002 e 2012 e os arquivos gerados na etapa anterior (áreas de drenagem). Primeiramente foram delimitados os polígonos de queimadas referentes às microbacias de estudo. Logo após foram sobrepostas todas as feições de queimadas entre os anos de 2002 e 2012 que incidiram sobre as áreas de estudo, sendo possível detectar e quantificar a frequência de queimadas nestas, utilizando as ferramentas "*union*" e "*intersect*" e calculando as áreas (km²) por meio do conjunto de ferramentas "XTools Pro". Por fim, foi gerado um mapa com os resultados.

É importante frisar que este estudo não trata da ocorrência de *focos de incêndios*, mas sim da contabilização anual de áreas queimadas e sua localização. Isto quer dizer que, dentro da área podem ter ocorrido vários focos de incêndio durante determinado ano, mas somente a área queimada anualmente e as respectivas localizações dos incêndios dentro das bacias de drenagem foram avaliados.

Embora a área de contribuição (AC) seja a que interfere diretamente nas características físico-químicas dos córregos e componentes do fluxo estudados, foi também avaliada a ocorrência de incêndios nas áreas de drenagem totais de cada córrego, com o intuito de verificar o impacto geral das queimadas nestas.

Análises estatísticas

A normalidade dos dados foi testada por intermédio do teste de Shapiro-Wilk. Os dados que atenderam aos pressupostos paramétricos foram comparados com Anova seguida do teste de Tukey (variações entre córregos) e teste t (variações sazonais). Já os que não atenderam foram comparados com o auxílio dos testes não-paramétricos de Kruskal-Wallis seguido do teste de Dunn (variações entre córregos) e Mann-Whitney (variações sazonais). A análise da sazonalidade foi feita de dois modos: comparação entre valores obtidos no período chuvoso (outubro a março) e seco (abril a setembro); e comparação entre períodos de transição seca-chuva (setembro a dezembro de 2011 *versus* setembro a dezembro de 2012). A análise dos meses de transição foi feita somente para amostras dos córregos Pitoco, Roncador e Taquara. Para todos os testes foi utilizado o valor de probabilidade de 5%. As análises estatísticas foram realizadas no programa estatístico "R".

5. RESULTADOS

5.1 Delimitação das áreas de drenagem e áreas de contribuição à montante do ponto de coleta

A área de drenagem, ou captação total (AD), das microbacias do presente estudo foi de 85,3 km², enquanto as áreas de drenagem à montante do ponto de coleta (km²) (áreas de contribuição (AC)) somaram uma área de 31,04 km², o que é equivalente a 36,4% da área de drenagem total (Tabela 8).

Tabela 6. Áreas de drenagem total (AD) (km²), áreas de drenagem à montante dos pontos de coleta (AC) (km²) e fração da AC em relação à respectiva AD (%) de córregos da Área de Proteção Ambiental das bacias do Gama e Cabeça de Veado.

Córrego	AD (km²)	(AC) (km²)	AC / AD (%)
Capetinga	11,4	2,3	19,9
Cabeça de Veado	30,0	15,1	50,2
Pitoco	4,0	3,4	86,6
Roncador	15,0	11,5	76,7
Taquara	44,0	2,0	5,0
Total	85,3	31,0	36,4

As áreas de drenagem dos Córregos Pitoco, Roncador e Taquara foram, em ordem crescente, 4,0 km², 15,0 km² e 44,0 km², respectivamente, destacando-se que o Córrego Pitoco é afluente do Roncador, que por sua vez é afluente do Taquara. A AC do córrego Taquara foi a menor encontrada no presente estudo (2,21 km²), contrastando com sua maior AD (Figura 10 a 12).

A AD do Córrego Cabeça de Veado é de 30 km², enquanto a AC é de 15 km² (Figura 13). O Córrego Capetinga apresentou AD de 11,4 km² e AC de 2,3 km² (Figura 14). Todas as áreas de contribuição (ou captação) à montante do ponto de coleta (AC's) dos córregos avaliados neste estudo são circundadas por vegetação natural de Cerrado (Figuras 10 a 14)

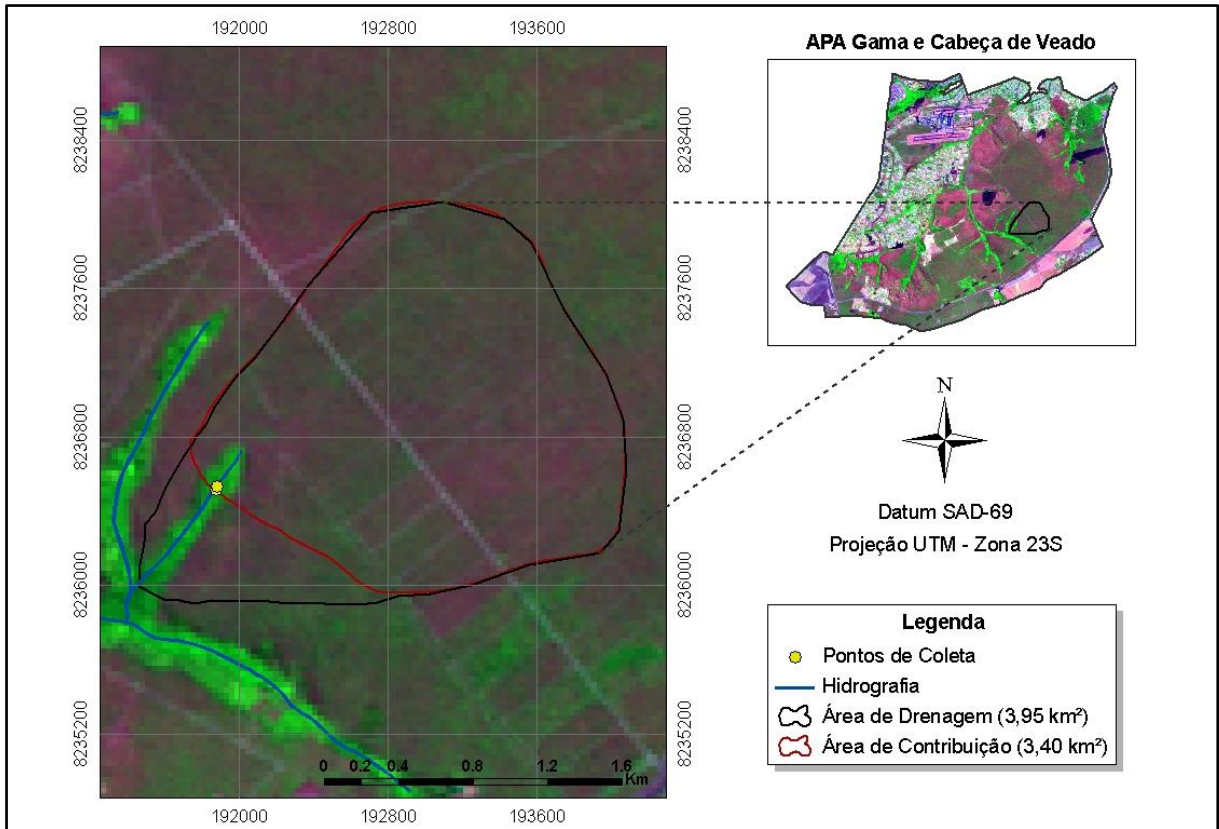


Figura 10. Áreas de drenagem total e contribuição do Córrego Pitoco, Reserva Ecológica do IBGE, DF.

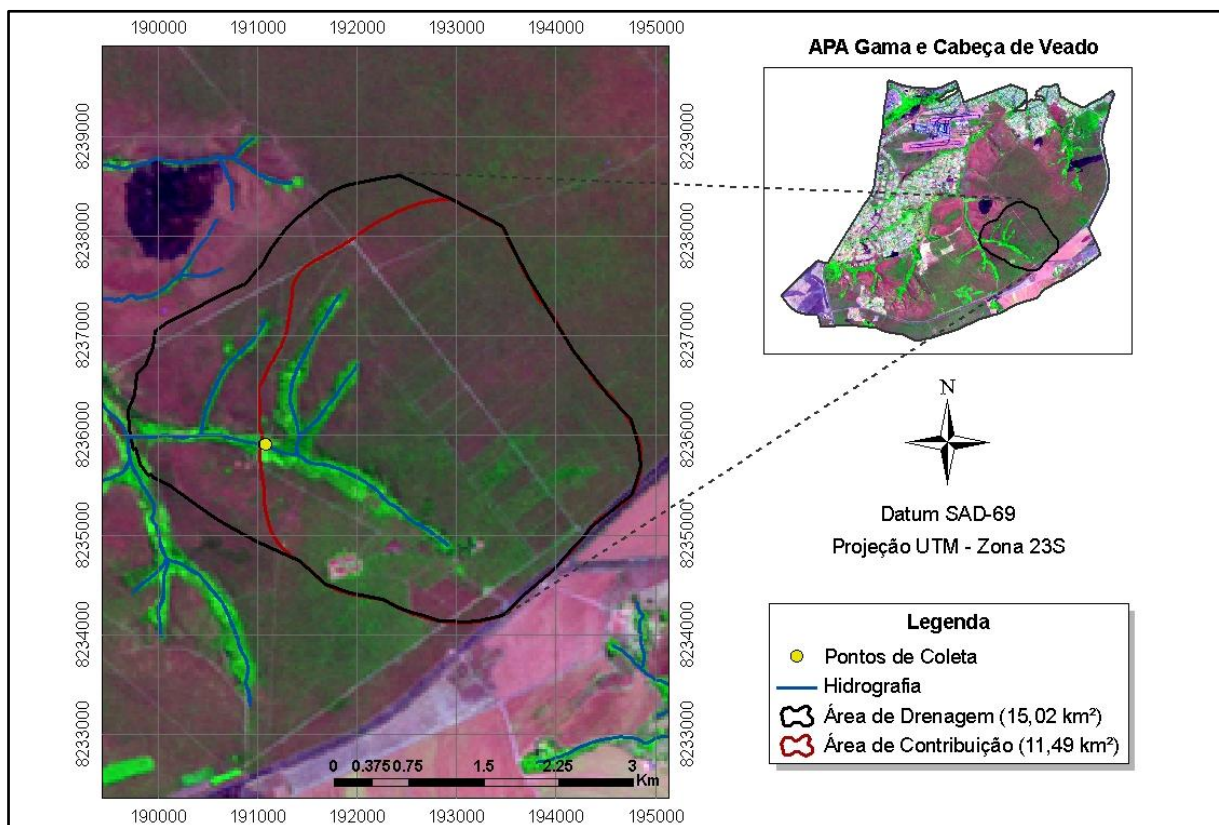


Figura 11. Área de drenagem total e contribuição do Córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE, DF.

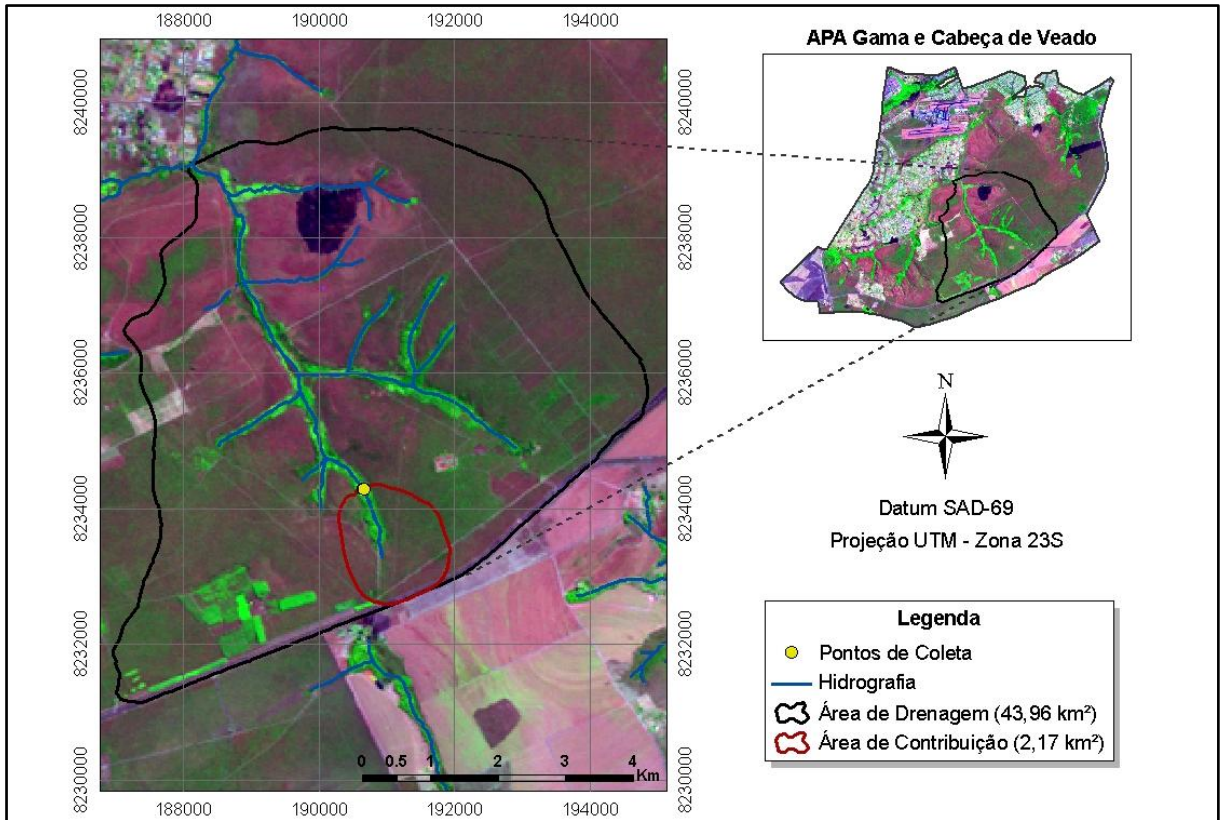


Figura 12. Área de drenagem total e contribuição do Córrego Taquara, Reserva Ecológica do IBGE, DF.

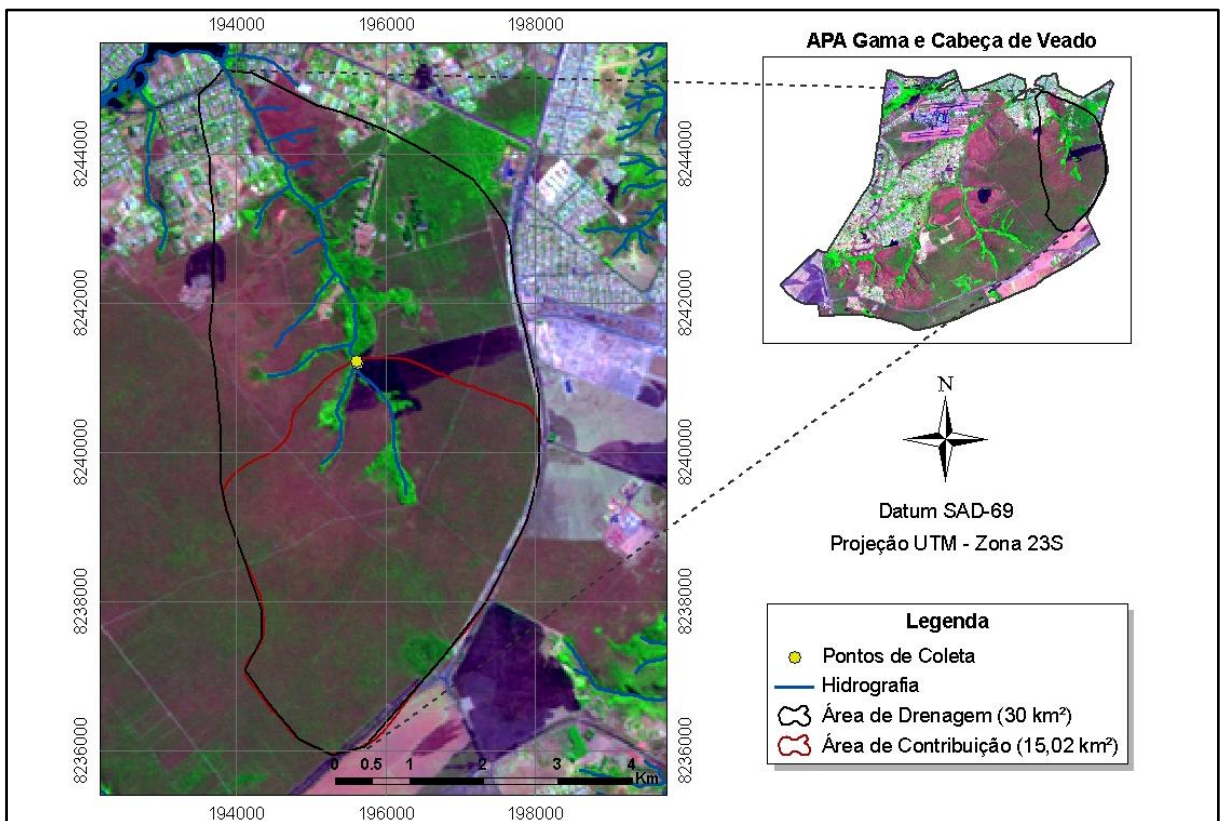


Figura 13. Área de drenagem total e contribuição do Córrego Cabeça de Veado, Estação Ecológica do Jardim Botânico (EEJBB), DF.

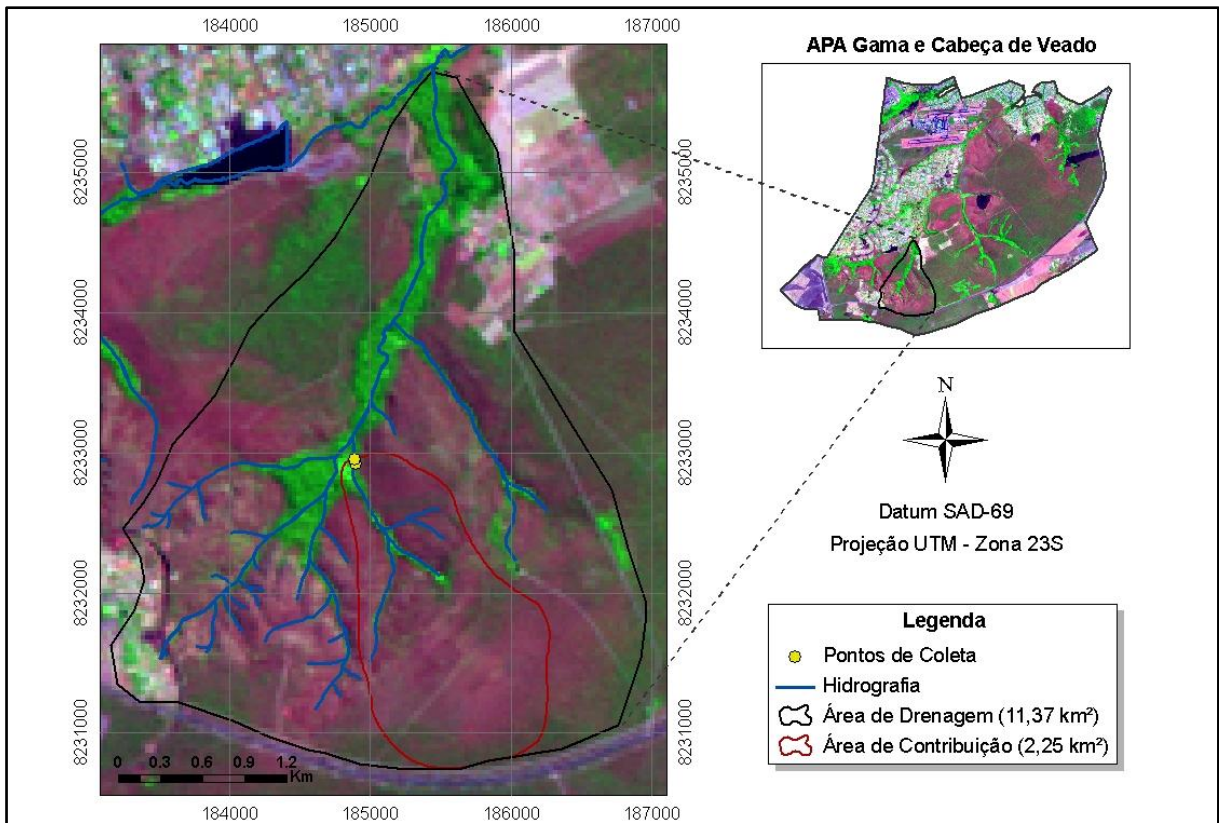


Figura 14. Área de drenagem total e contribuição do Córrego Capetinga, Estação Ecológica da Universidade de Brasília (EEUnB), Fazenda Água Limpa, DF.

5.2 Delimitação da área queimada

Monitoramento dos incêndios florestais entre 2002 e 2012

Entre os anos de 2002 e 2012 foram detectados incêndios florestais nas áreas de estudo em 2002, 2003, 2005, 2007, 2010 e 2011, sendo que os incêndios que ocorreram em 2005 e 2011 afetaram maior área. Neste período, incêndios florestais ocorreram na AD do Córrego Taquara em quatro dos onze anos analisados, enquanto as do Pitoco e Cabeça de Veado em dois anos. Em 2002 e 2003 houve incêndios de pequena proporção que atingiram somente as AD's do Córrego Roncador (apenas 2002) e Taquara, afetando menos de 3% das respectivas áreas. Em 2005, incêndios atingiram 38,4 km² das AD'S e 21,87 km² AC's, o que é equivalente a 38,39 e 70,36% dos totais, respectivamente. Neste ano (2005), as AC's mais atingidas foram: Capetinga (92 %), Cabeça de Veado (91,26%) e Pitoco (87,46%). A AC do Córrego Capetinga também foi atingida por incêndios em 2007, que atingiram 37,39% desta (0,75 km²). Incêndios em 2010 atingiram somente a AD do Córrego Pitoco (0,3 km², 0,68%) (Tabela 8).

Tabela 7. Contabilização das áreas afetadas por incêndios florestais entre 2002 e 2012 em áreas de drenagem (AD) e áreas de drenagem à montante dos pontos de coleta (AC) de córregos da Área de Proteção Ambiental das bacias do Gama e Cabeça de Veado. Os valores percentuais referem-se as respectivas frações de área queimada em relação as AD's e AC's. Nos anos de 2004, 2006, 2008, 2009 e 2012 não foram detectadas queimadas nas áreas de estudo, sendo que em 2002, 2003 e 2010, os incêndios não atingiram nenhuma das áreas de contribuição.

Córrego		2002	2003	2005		2007		2010	2011	
		AD	AD	AD	AC	AD	AC	AD	AD	AC
<i>Capetinga</i>	<i>km²</i>	---	---	5,3	2,1	1,9	0,7	---	0,2	---
	<i>(%)</i>	---	---	46,9	92,1	17,1	33,2	---	2,2	---
<i>Cabeça de Veado</i>	<i>km²</i>	---	---	15,1	13,8	---	---	---	14,1	6,3
	<i>(%)</i>	---	---	50,3	92,0	---	---	---	46,9	41,9
<i>Pitoco</i>	<i>km²</i>	---	---	3,1	3,0	---	---	---	3,1	2,6
	<i>(%)</i>	---	---	78,1	87,5	---	---	---	78,0	75,5
<i>Roncador</i>	<i>km²</i>	0,01	---	9,5	5,9	---	---	---	13,9	10,4
	<i>(%)</i>	0,07	---	63,1	51,0	---	---	---	92,7	90,4
<i>Taquara</i>	<i>km²</i>	0,7	1,3	18,0	---	---	---	0,3	42,4	2,1
	<i>(%)</i>	1,5	2,9	40,9	---	---	---	0,7	96,4	94,1
Total	<i>km²</i>	0,7	1,3	38,4	21,9	1,9	0,7	0,3	56,7	18,8
	<i>(%)</i>	0,8	1,5	45,0	70,5	2,3	0,9	0,3	66,4	60,5

Incêndios florestais ocorridos em 2011 foram os que atingiram maior proporção ao longo dos 11 anos de monitoramento (2002 a 2012), contabilizando 56,7 km² (66,4 %) queimados das AD's somadas, mas foi de menor proporção para a somatória das AC's que os incêndios em 2005, resultando em 16,9 km² (49,8 %) de área queimada. Neste ano (2011), as AC's dos Córregos Taquara (94,1 %), Roncador (90,4 %) e Pitoco (75,5 %) foram as mais atingidas, enquanto a do Córrego Cabeça de Veado teve 41,9% de área queimada e a do Córrego Capetinga não foi atingida (Tabela 9).

Incidência de incêndios florestais

Os incêndios florestais que ocorreram na Reserva do IBGE, EEJBB e EEUnB entre os anos de 2002 e 2011 afetaram 70,5 km² do total das AD's, o que é equivalente a 82,7 % destas. Quanto às AC's, 29,3 km² (94,6 %) foram atingidas. Considerando todos os incêndios ocorridos em AC's ao longo destes 11 anos, menos de 7% destas áreas não foram atingidas ao final de 2012 (Figura 15).

Ao longo destes 11 anos, os incêndios florestais atingiram aproximadamente 93% das respectivas AC's, sendo que 38,8 % da área destas foram atingidos por mais de um incêndio. Apenas a AC do Córrego Taquara foi atingida somente uma vez neste período (Tabela 9).

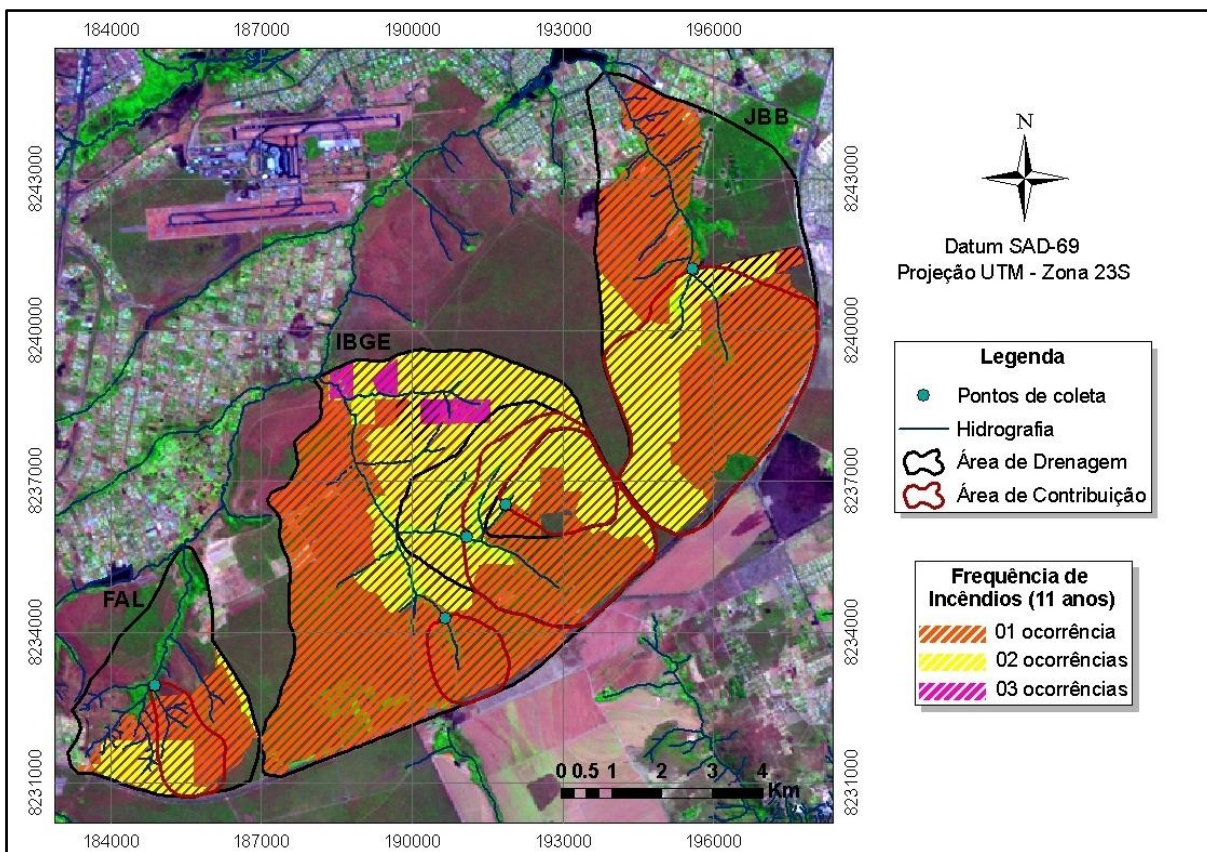


Figura 15. Frequência de incêndios florestais detectados nas áreas de drenagem (total e de contribuição) dos Córregos Cabeça de Veado (JBB), Pitoco, Roncador e Taquara (IBGE) e Capetinga (FAL), entre os anos de 2002 e 2012.

Tabela 8. Quantidade de incidências e respectivas áreas atingidas anualmente pelos incêndios florestais entre 2002 e 2012 nas áreas de drenagem (AD) e áreas de drenagem à montante dos pontos de coleta (AC) de córregos da Área de Proteção Ambiental Gama e Cabeça de Veado. Os valores percentuais referem-se as respectivas frações de área queimada em relação as AD's e AC's.

Córrego		Número de vezes que a área foi queimada						Área total atingida	
		01		02		03		AD	AC
		AD	AC	AD	AC	AD	AC		
<i>Capetinga</i>	<i>km²</i>	3,4	1,4	2,1	0,7	---	---	5,5	2,1
	(%)	29,9	61,5	18,1	31,9	---	---	48,1	93,4
<i>Cabeça de Veado</i>	<i>km²</i>	14,9	8,1	7,1	6,1	---	---	22,1	14,1
	(%)	49,9	53,8	23,6	40	---	---	73,6	93,8
<i>Pitoco</i>	<i>km²</i>	1,2	0,8	2,5	2,4	---	---	3,7	3,2
	(%)	31,8	24,8	62,1	69,1	---	---	93,9	93,9
<i>Roncador</i>	<i>km²</i>	5,7	5,7	8,8	5,3	0,01	---	14,5	11,1
	(%)	38	49,7	58,8	46,1	0,07	---	96,9	95,8
<i>Taquara</i>	<i>km²</i>	24,7	2,1	17,1	---	1,2	---	43	2,1
	(%)	56,1	94,1	38,9	---	2,7	---	97,8	94,1
Total	km²	48,1	17,3	26,3	12,1	1,2	---	70,5	29,3
	(%)	56,4	55,7	30,8	38,8	1,4	---	82,7	94,6

A AC do Córrego Pitoco foi a mais afetada neste período, com 69,1 % de sua área sendo queimada duas vezes. No entanto, a maior parte das AC's (55,7 %) foi queimada apenas uma vez neste período (Tabela 9).

Por fim, uma pequena fração das AD's dos Córregos Roncador (0,07%) e Taquara (2,7 %) sofreram queimadas por três vezes (Tabela 9), sendo que estas se localizam próximo a foz do Córrego Taquara e do Setor de Mansões Park Way (Figura 18).

5.3 Características hidrológicas, físicas e químicas dos córregos

Em geral, os parâmetros hidrológicos mensurados neste estudo, profundidade da coluna d'água, velocidade da água e vazão do córrego, acompanharam a sazonalidade da precipitação, com valores mais altos observados na estação chuvosa e em coletas posteriores a dias de precipitação intensa, e menores na estação seca (Figura 16; Tabela 11). A profundidade da coluna d'água apresentou maiores picos no período de dezembro a março de 2012 (0,2 (Pitoco) a 0,5 m (Roncador) e a partir dos meses de março e abril de 2012, foi observado um decréscimo na profundidade de todos os córregos, com menores valores encontrados entre os meses de agosto a outubro (0,14 (Cabeça de Veado e Capetinga) a 0,21 m (Roncador e Taquara).

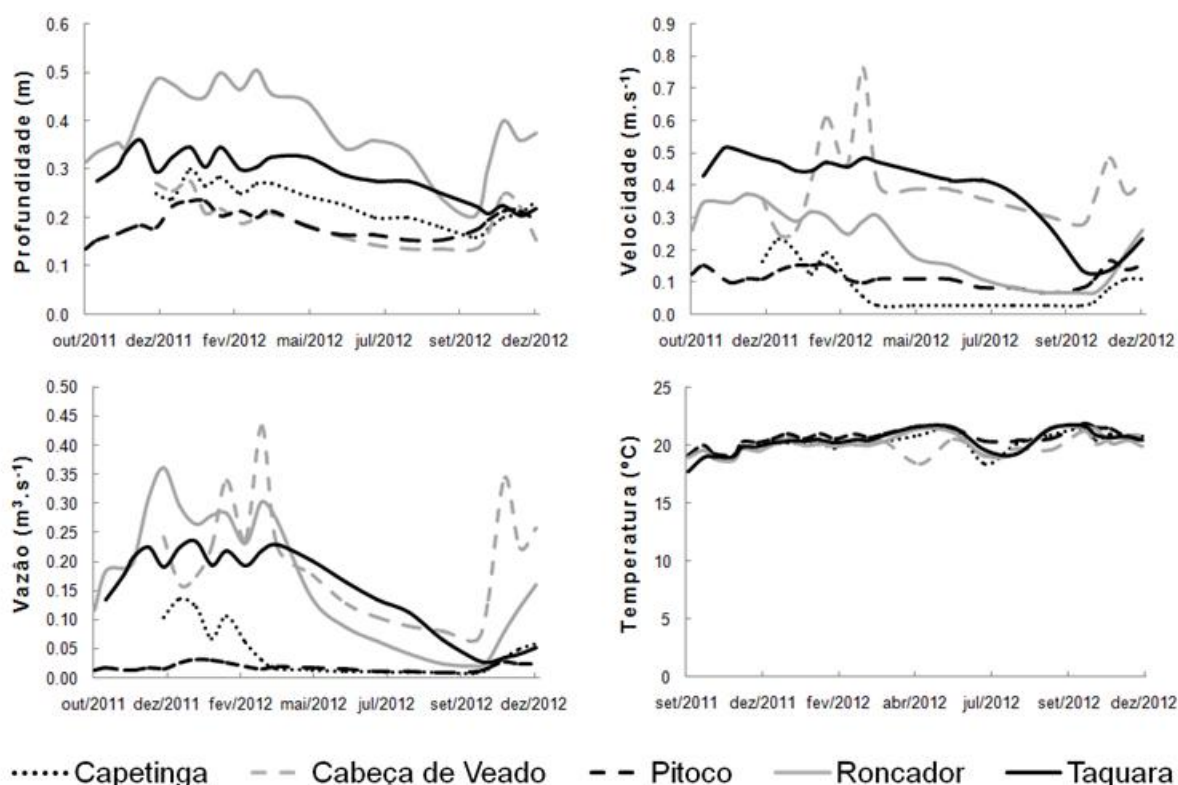


Figura 16. Variação da profundidade da coluna d'água (m), velocidade (m.s⁻¹), vazão (m³.s⁻¹) e temperatura (°C) de córregos da APA Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal (Brasil), entre outubro de 2011 e dezembro de 2012.

A velocidade instantânea aferida nos córregos variou de 0,1 m.s⁻¹ no Córrego Capetinga a 0,4 m.s⁻¹ no Córrego Taquara, sendo que os maiores valores de velocidade foram observados no período de outubro a março (Figura 16). Como as medidas não foram contínuas, verificou-se grande variação nos dados, o que pode ser percebido no alto valor dos

desvios (Tabela 11).

De forma similar, a vazão instantânea acompanhou a tendência de aumento no período chuvoso e diminuição no período seco, com maiores valores sendo observados entre dezembro e março de 2012 e menores no fim da estação seca em setembro de 2012 (Figura 16). A maior vazão mediana foi verificada no Córrego Cabeça de Veado ($0,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) e a menor no Córrego Pitoco ($0,017 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$).

A temperatura da água sofreu pouca variação durante o estudo, não sendo detectadas diferenças significativas entre córregos. As medianas variaram de 20,1 (Roncador) a 20,6° C (Pitoco). A mínima registrada no período ($17,7 \text{ }^\circ\text{C}$) foi obtida em setembro de 2011, no Córrego Taquara, enquanto a máxima ($21,9 \text{ }^\circ\text{C}$) foi obtida no Córrego Pitoco, em outubro de 2012 (Figura 15; Tabela 10).

Tabela 9. Valores medianos (desvio-interquartil) de parâmetros analisados em córregos da APA Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal (Brasil), entre setembro de 2011 e outubro de 2012. Letras diferentes indicam que os valores diferiram entre si pelo teste de Dunn ($\alpha = 0,05$). Ausência de letras após os valores indica que não houve diferença.

Elemento	Córrego				
	Capetinga	Cabeça de Veado	Pitoco	Roncador	Taquara
Profundidade (m)	0,2 (0,1)	0,2 (0,1)	0,2 (0,1)	0,4 (0,1)	0,3 (0,1)
Velocidade ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	0,1 (0,1)	0,4 (0,1)	0,1 (0,04)	0,3 (0,2)	0,4 (0,2)
Vazão ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	0,03 (0,06)	0,20 (0,11)	0,02 (0,01)	0,18 (0,19)	0,18 (0,14)
Temperatura ($^\circ\text{C}$)	20,4 (0,7)	20,3 (0,6)	20,5 (0,6)	20,0 (0,8)	20,4 (0,1)
pH	5,2 (0,6)	5,1 (1,0)	5,3 (0,8)	5,5 (0,9)	5,3 (0,5)
Condutividade ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)	3,4 a (1,3)	3,7 a (2,1)	3,6 a (0,6)	8,6 b (3,8)	5,2 a (2,3)
O_2 dissolvido ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)	6,4 (0,7)	6,5 (0,8)	6,3 (0,8)	6,3 (0,7)	6,3 (1,1)
Saturação de O_2 (%)	69,2 (11,6)	76,3 (12,8)	75,1 (1,9)	75,2 (5,0)	76,2 (4,3)
CID (μM)	32,6 ab (9,0)	41,8 bc (11,8)	33,6 a (9,6)	59,3 c (21,9)	36,7 ab (13,3)
Turbidez (NTU)	3,1 a (2,4)	3,1 a (1,9)	8,8 b (4,4)	2,8 a (1,6)	5,8 b (1,6)

Os valores de condutividade elétrica, carbono inorgânico dissolvido (CID) e turbidez apresentam diferenças significativas entre córregos ($p \leq 0,0001$) (Figura 22). Os valores de pH entre córregos não foram diferentes significativamente, com medianas variando de 5,1 (Cabeça de Veado) a 5,5 (Roncador). Em relação ao CID, a variação foi de 32,6 (Capetinga) a 59,3 μM (Roncador), com maiores valores encontrados neste último e Córrego Cabeça de Veado (41,8 μM) (Tabela 11).

O Córrego Roncador apresentou condutividade mediana na ordem de 8,6 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, valor superior a todas as outras áreas de estudo, sendo que os valores dos demais córregos não diferiram entre si. Os maiores valores de turbidez foram encontrados no Córrego Pitoco (8,8 NTU) e em seguida no Córrego Taquara (5,8 NTU). Os demais valores não diferiram entre si (Tabela 11).

Não houve diferenças significativas nos valores de oxigênio dissolvido e saturação de oxigênio ($p > 0,05$), com valores medianos muito próximos entre si (Tabela 10; Figura 22). A variação observada foi de 6,3 (no Córrego Roncador) a 6,5 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (Cabeça de Veado) de oxigênio dissolvido, com valores de saturação entre 69,2% (Capetinga) e 76,3% (Cabeça de Veado) (Tabela 11).

Nutrientes

Seis dos catorze íons analisados não apresentaram diferenças significativas entre córregos (NH_4^+ , NO_2^- , K^+ , Al^{+3} , PO_4^- e Cl^-) (Tabela 11). Os Córregos Roncador e Taquara apresentaram valores medianos de nitrato (NO_3^-) significativamente maiores do que os obtidos no Córrego Capetinga (1,7, 1,6 e 0,4 μM , respectivamente) (Tabela 12). Os maiores valores de cálcio (Ca^{+2}) foram encontrados no Córrego Roncador (15,6 μM) enquanto os de magnésio (Mg^{+2}) foram obtidos nos Córregos Roncador (4,5 μM) e Cabeça de Veado (4,2 μM). Em todos os córregos, os valores de Ca^{+2} foram maiores do os observados para o Mg^{+2} (Tabela 12).

Para o sódio (Na^+), variação significativa foi observada entre os Córregos Roncador (6,3 μM) e Capetinga (3,4 μM). Da mesma forma que o observado para NO_3^- , os demais córregos apresentaram valores intermediários (Tabela 12).

Os menores valores de ferro (Fe^{+2}) foram encontrados no Córrego Pitoco (1,1 μM), enquanto os maiores foram nos Córregos Roncador e Taquara (1,6 e 1,7 μM , respectivamente), enquanto os maiores de silício (Si^{+4}) foram observados nos Córregos Cabeça de Veado (9,9 μM) e Roncador (9,5 μM), que diferiram significativamente dos

menores valores observados no Córrego Taquara (5,3 μM) (Tabela 12). Os valores de sulfato (SO_4^-) variaram significativamente apenas entre o Córrego Roncador (2,1) e Pitoco (1,2 μM) (Tabela 12).

Dentre as concentrações dos íons NH_4^+ , NO_3^- e NO_2^- , somente o nitrato apresentou diferença significativa entre córregos ($p < 0,0001$), com maiores valores sendo encontrados nos córregos Roncador e Taquara em comparação aos do Córrego Capetinga (1,7, 1,6 e 0,4 μM , respectivamente) (Tabela 12).

Tabela 10. Concentrações medianas seguidas do desvio-interquartilico (μM) de íons analisados em córregos da APA Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal (Brasil), entre setembro de 2011 e outubro de 2012. Letras diferentes indicam que os valores diferiram entre si pelo teste de Dunn ($\alpha = 0,05$). Ausência de letras após os valores indica que não houve diferença.

Solute (μM)	Córrego				
	Capetinga	Cabeça de Veado	Pitoco	Roncador	Taquara
NH_4^+	4,2 (3,4)	3,2 (3,1)	3,2 (1,4)	2,9 (2,3)	3,2 (1,6)
NO_2^-	0,6 (0,4)	0,7 (0,4)	0,6 (0,3)	0,7 (0,6)	0,6 (0,3)
NO_3^-	0,4 a (0,7)	0,9 ab (1,1)	1,1 ab (1,6)	1,7 b (3,2)	1,6 b (3,9)
Ca^{+2}	5,1 a (0,9)	7,5 b (2,1)	4,9 a (1,5)	15,6 c (4,1)	6,0 ab (1,5)
Mg^{+2}	1,2 a (1,1)	4,1 bc (0,9)	0,8 a (1,2)	4,5 c (2,4)	2,6 ab (1,4)
K^+	3,6 (1,9)	2,7 (1,6)	3,4 (1,8)	4,0 (3,9)	4,5 (3,0)
Na^+	4,3 ab (3,2)	3,4 a (3,3)	4,7 ab (2,0)	6,3 b (2,7)	4,5 ab (3,3)
Al^{+3}	0,4 (0,9)	0,4 (0,7)	0,7 (1,1)	0,6 (1,1)	1,0 (0,9)
Fe^{+2}	1,1 a (0,6)	1,2 ab (0,6)	1,5 ab (0,6)	1,6 b (0,6)	1,7 b (0,6)
Si^{+4}	6,3 abc (6,8)	9,9 bc (22,8)	5,7 ab (3,6)	9,5 c (12,3)	5,3 a (3,0)
SO_4^-	1,6 ab (1,1)	1,6 ab (0,9)	1,2 a (0,9)	2,1 b (2,6)	1,5 ab (0,9)
PO_4^-	0,3 (0,1)	0,2 (0,1)	0,2 (0,1)	0,2 (0,1)	0,2 (0,1)
Cl^-	7,6 (7,3)	7,1 (2,9)	6,5 (3,0)	8,9 (5,0)	7,2 (3,0)

Nitrogênio - formas inorgânicas dissolvidas

A forma predominante em todos os córregos foi N-NH_4^+ , com valores entre 2,2 (Roncador) e 3,3 μM (Capetinga), o que correspondeu a 78 e 92% do total, respectivamente (Tabela 13; Figura 17). As demais formas (N-NO_3^- e N-NO_2^-) não apresentaram diferenças significativas entre si, embora os valores de N-NO_3^- tenha sido superiores aos de N-NO_2^- nos córregos presentes na Reserva Ecológica do IBGE, enquanto no Córrego Capetinga ocorreu o inverso ($\text{N-NO}_3^- < \text{N-NO}_2^-$). No Córrego Cabeça de Veado, as duas formas apresentaram o mesmo percentual (7%). (Tabela 13; Figura 17). A mediana das frações inorgânicas de nitrogênio agrupadas (NID) apresentou variações entre 2,8 (Roncador) a 3,6 μM (Capetinga), sem apresentar diferença significativa entre córregos (Tabela 13; Figura 17).

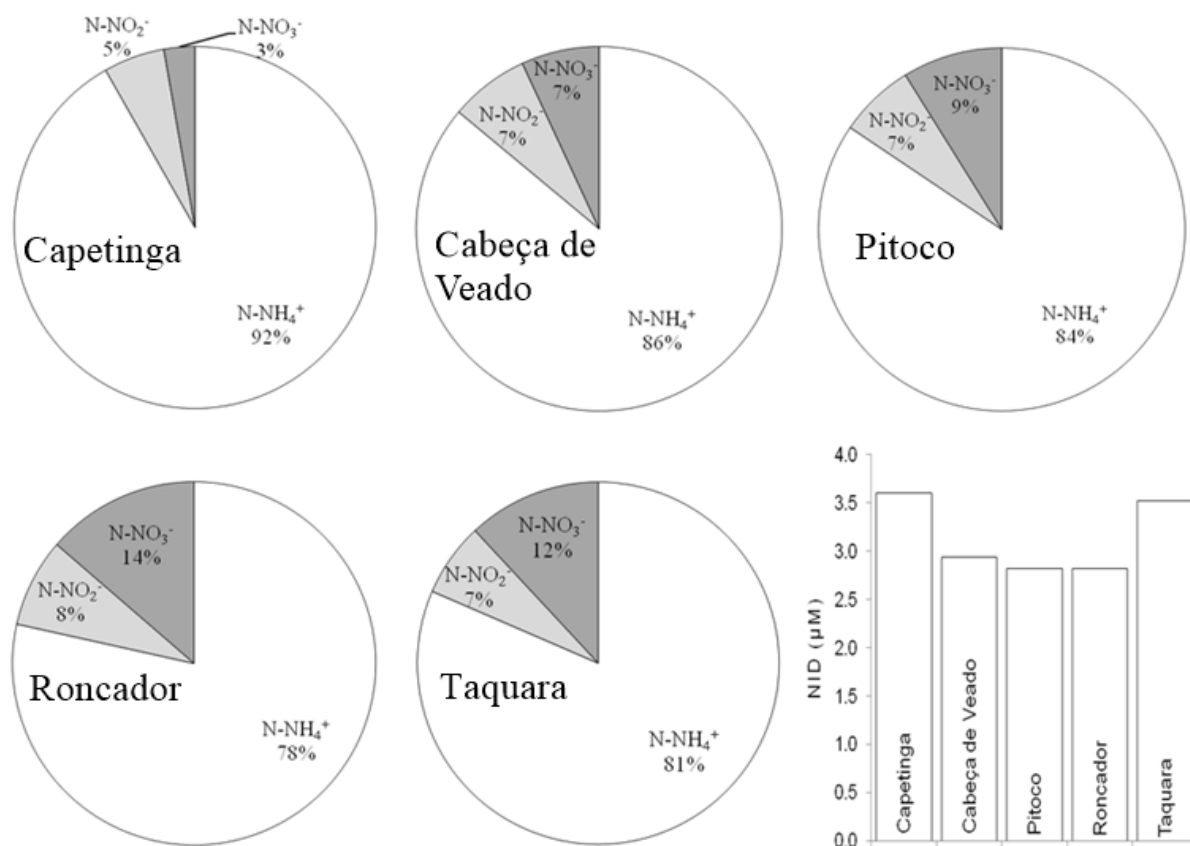


Figura 17. Percentual das concentrações de formas inorgânicas de nitrogênio dissolvido (N-NH_4^+ , N-NO_3^- e N-NO_2^-) (%) e valores medianos do total de nitrogênio inorgânico dissolvido (NID) (μM) em córregos da APA Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal (Brasil), entre setembro de 2011 e outubro de 2012.

Tabela 11. Concentrações medianas seguidas do desvio-interquartil das frações inorgânicas de nitrogênio dissolvido (N-NH₄⁺, N-NO₂⁻ e N-NO₃⁻) e do total de nitrogênio inorgânico dissolvido (NID) (µM) em córregos da APA Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal (Brasil), entre setembro de 2011 e outubro de 2012. Letras maiúsculas diferentes indicam que os valores (colunas) diferiram entre si pelo teste de Dunn ($\alpha = 0,05$).

Fração de N (µM)	Córrego				
	Capetinga	Cabeça de Veado	Pitoco	Roncador	Taquara
N-NH₄⁺	3,3 B (2,6)	2,5 B (2,4)	2,5 B (1,1)	2,2 B (1,8)	2,5 B (1,2)
N-NO₂⁻	0,2 A (0,1)	0,2 A (0,1)	0,2 A (0,1)	0,2 A (0,2)	0,2 A (0,1)
N-NO₃⁻	0,1 A (0,2)	0,2 A (0,2)	0,3 A (0,4)	0,4 A (0,7)	0,4 A (0,9)
NID	3,6 (2,8)	2,9 (2,7)	2,8 (1,2)	2,8 (2,2)	3,5 (1,5)

Comparação entre períodos chuvoso e seco

No período seco, os valores de oxigênio dissolvido (Pitoco, Roncador e Taquara) e saturação de oxigênio (Pitoco e Taquara) foram maiores do que os observados no período chuvoso. Já os valores de pH, carbono inorgânico dissolvido (CID), condutividade elétrica, turbidez e temperatura da água não apresentaram diferenças entre os períodos chuvoso e seco em nenhum dos córregos analisados (Tabela 14).

Quanto ao CID, os maiores valores se concentraram nos meses chuvosos, tanto em 2011 quanto 2012, mais especificamente entre setembro e dezembro. No entanto, não foram observadas diferenças significativas entre o conjunto dos valores obtidos nos períodos chuvoso e seco (Tabela 14).

Em relação aos nutrientes, foram detectados maiores valores de nitrato no período chuvoso nos córregos Pitoco, Roncador e Taquara (1,7, 3,2 e 2,9 µM, respectivamente), o mesmo ocorrendo para o nitrito no Córrego Roncador (1,0 µM). Para os cátions (Ca⁺², Mg⁺², K⁺, Na⁺, Al⁺³, Fe⁺² e Si⁺⁴), o Córrego Cabeça de Veado apresentou comportamento distintos dos demais, com maiores valores de cálcio e magnésio ocorrendo no período seco, sendo que nos demais onde a variação entre períodos foi detectada, os maiores valores ocorreram no período chuvoso. A outra exceção foi o silício, que apresentou valores maiores no período seco em três dos cinco córregos analisados. Os ânions SO₄⁻, PO₄⁻ e Cl⁻ não apresentaram distinção entre os períodos (Tabela 14, Figura 19).

Comparação entre os meses de setembro e dezembro (2011 x 2012)

Entre todos os parâmetros analisados, somente o carbono inorgânico dissolvido (CID), oxigênio dissolvido e o amônio não apresentaram algum tipo de variação entre os dois períodos analisados (T1 = setembro e dezembro de 2011; e T2 = setembro e dezembro de 2012). O segundo período (T2), em comparação ao primeiro (T1), apresentou maiores valores de pH no Córrego Taquara (5,6), turbidez no Roncador (4,5 NTU), saturação de O₂ no Pitoco e Roncador (83,6 e 80,7%, respectivamente). Em 2011 os valores de CID variaram de 32,6 (Pitoco) a 75,6 µM (Roncador); enquanto em 2012 a variação foi de 36,5 a 62,9 µM nos mesmos córregos, respectivamente (Tabela 14).

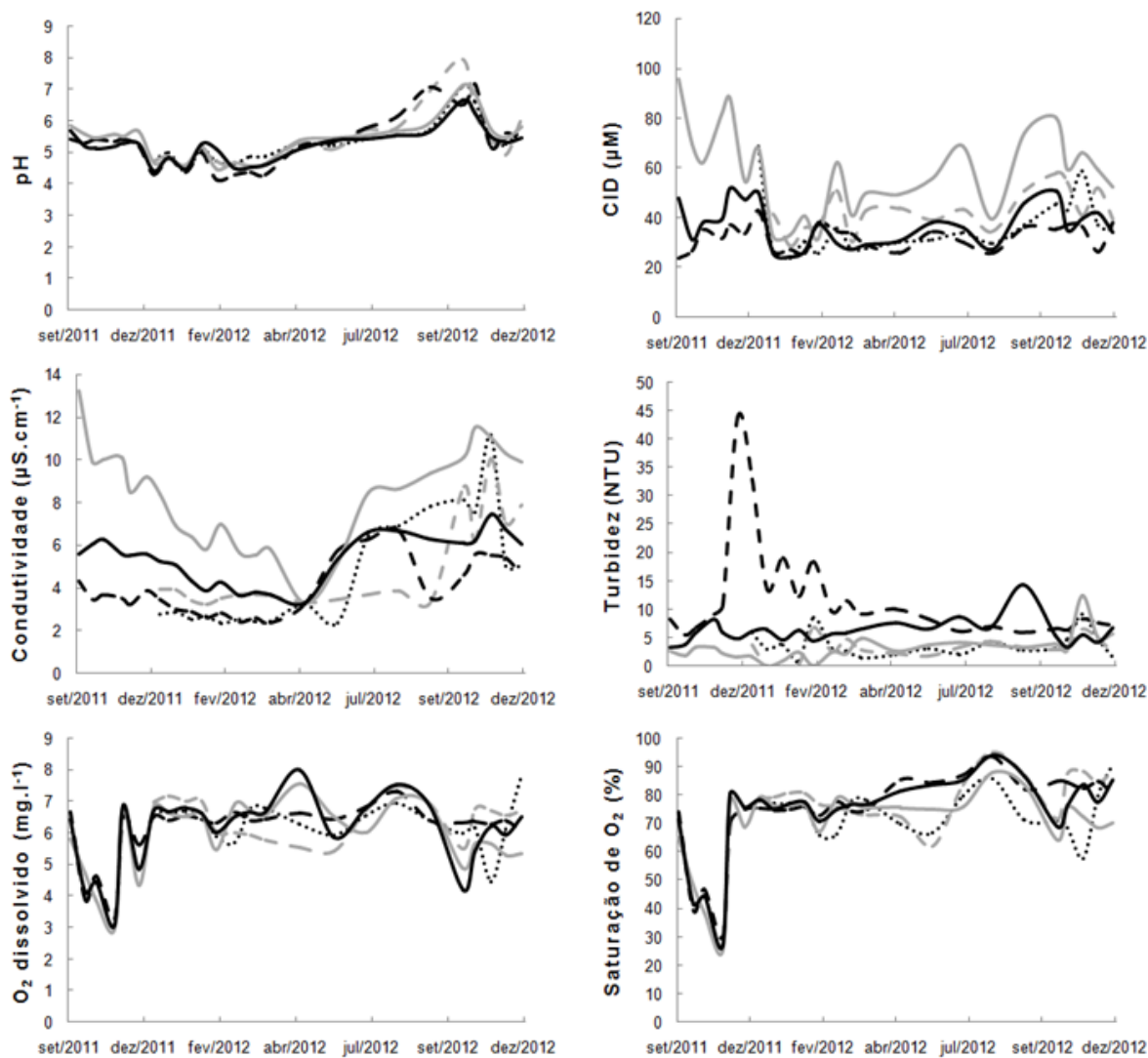
Ocorreu variação significativa nos valores entre períodos de transição para nutrientes, com exceção do fosfato (PO₄⁻) e cloreto (Cl⁻), sendo os maiores valores observados em T1, que corresponde ao período logo após o incêndio florestal de 2011 (Tabela 14).

Tabela 12. Valores medianos observados nos períodos chuvoso (outubro a março) e seco (abril a setembro) dos parâmetros analisados em córregos da APA Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal (Brasil), entre setembro de 2011 e outubro de 2012. O asterisco (*) indica o maior valor pelo teste *t* ou Mann-Whitney ($\alpha = 0,05$). C = Período chuvoso; S = Período Seco; CID = Carbono Inorgânico Dissolvido

Variáveis	Córrego									
	Capetinga		Cabeça de Veado		Pitoco		Roncador		Taquara	
	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S
pH	5,1	5,4	4,9	5,5	5,3	5,6	5,5	5,5	5,2	5,4
CID (μM)	36,1	30,8	41,5	43,4	34	29,6	60,8	52,9	37,9	33,4
Condutividade ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	2,8	4,8	3,9	3,6	3,5	4,6	9,6	7,2	5,6	5,8
Turbidez (NTU)	3,5	2,5	3,2	3,1	9,4	7,7	2,6	3,8	5,7	7,2
O₂ dissolvido (mg.l^{-1})	6,4	6,5	6,7	6,2	6,4	6,5*	5,7	6,7*	6,3	6,8*
Saturação de O₂ (%)	76,8	74,7	80,0	78,4	75,1	85,0*	71,3	75,8	76,1	84,4*
NH ₄ ⁺	4,5	2,6	3,6	2,4	3,2	3,2	3,1	2,3	3,2	3,2
NO ₂ ⁻	0,7	0,6	0,8	0,7	0,8	0,6	0,8	0,6	0,8	0,6
NO ₃ ⁻	0,7	0,4	1,3*	0,4	1,8*	0,6	3,2*	0,9	3,2*	0,9
Ca ⁺²	5,0	5,2	6,6	8,7*	4,5	5,2	15,5	15,6	6,1	6,0
Mg ⁺²	1,3	0,4	4,1	5,0*	1,4*	0,4	5,1*	3,7	3,1*	1,9
K ⁺	3,9	3,5	2,6	2,9	3,7	2,6	4,9*	2,8	5,1	3,0
Na ⁺	4,6	4,3	3,4	3,0	4,7	5,0	6,3	5,9	4,6	3,3
Al ⁺³	0,8	0,3	1,0*	0,3	1,1*	0,3	1,3*	0,3	1,2*	0,4
Fe ⁺²	1,5	1,1	1,7*	1,1	1,7*	1,1	1,8*	1,2	1,7	1,3
Si ⁺⁴	6,0	12,9	6,9	34,5*	4,8	12,1*	9,0	30,8*	5,1	16,1
SO ₄ ⁻	1,6	1,8	1,4	1,6	1,5	1,1	2,5	1,7	1,5	1,5
PO ₄ ⁻	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3*	0,2	0,3	0,2	0,3
Cl ⁻	6,7	7,8	6,4	8,3	6,9	6,0	9,5	7,2	7,2	6,5

Tabela 13. Valores medianos observados no primeiro período de transição (de setembro a dezembro de 2011) e no segundo (de setembro a dezembro de 2012) dos parâmetros analisados em córregos da Reserva Ecológica do IBGE, Distrito Federal (Brasil). O asterisco (*) indica o maior valor pelo teste *t* ou Mann-Whitney ($\alpha = 0,05$). T1 = setembro a dezembro de 2011; T2 = setembro a dezembro de 2012; CID = Carbono Inorgânico Dissolvido.

Variáveis	Córrego					
	Pitoco		Roncador		Taquara	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2
pH	5,4	6,1	5,6	5,9	5,2	5,6*
CID (μM)	32,6	36,5	75,6	62,9	43,3	40,9
Condutividade ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	3,6	5,0*	10,0	10,2	5,6	6,3*
Turbidez (NTU)	8,7	7,0	2,5	4,5*	5,4	5,5
O ₂ dissolvido ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	5,1	6,4	4,5	5,5	4,7	6,1
Saturação de O ₂ (%)	58,5	83,6*	56,7	71,3	58,0	80,7*
NH ₄ ⁺	2,4	3,2	1,7	3,3	2,8	3,9
NO ₂ ⁻	0,8	0,6	1,4*	0,7	0,9	0,8
NO ₃ ⁻	2,1*	0,5	4,1*	0,5	4,1*	0,9
Ca ⁺²	4,3	4,7	22,6*	15,8	6,5	5,7
Mg ⁺²	1,6*	0,4	8,4*	4,0	3,9*	1,9
K ⁺	3,9	3,6	10,0*	4,5	5,6*	3,7
Na ⁺	4,5	5,2	9,6	4,0	4,9*	1,4
Al ⁺³	1,5*	0,3	1,5*	0,3	1,3*	0,3
Fe ⁺²	1,7*	1,1	1,8*	1,1	1,7*	1,1
Si ⁺⁴	4,8	4,1	12,5*	6,7	4,4	5,1
SO ₄ ⁻	0,8	1,6	5,6*	1,6	1,8	1,4
PO ₄ ⁻	0,2	0,3*	0,2	0,3*	0,2	0,3*
Cl ⁻	5,5	8,9*	13,4	9,7	6,8	7,6



..... Capetinga - - Cabeça de Veado - - Pitoco — Roncador — Taquara

Figura 18. Variação sazonal do pH, carbono inorgânico dissolvido (CID) (μM), condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), oxigênio dissolvido ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$), saturação de O₂ (%) e turbidez (NTU) em córregos da APA Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal (Brasil), entre setembro de 2011 e dezembro de 2012.

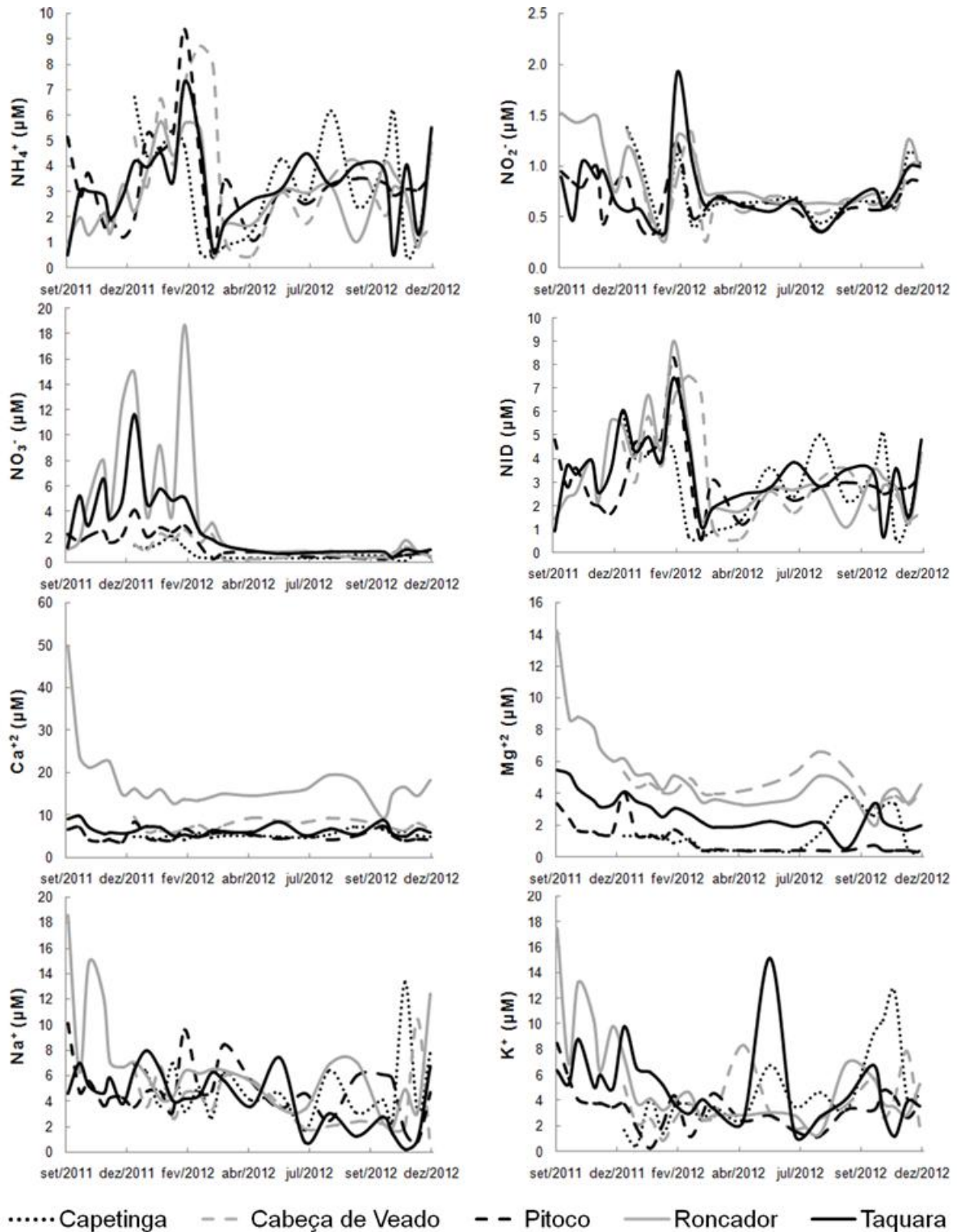


Figura 19. Variação sazonal do amônio (NH_4^+), nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-), nitrogênio inorgânico dissolvido (NID), cálcio (Ca^{+2}), magnésio (Mg^{+2}), sódio (Na^+) e potássio (K^+) (μM) em córregos da APA Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal (Brasil), entre setembro de 2011 e dezembro de 2012.

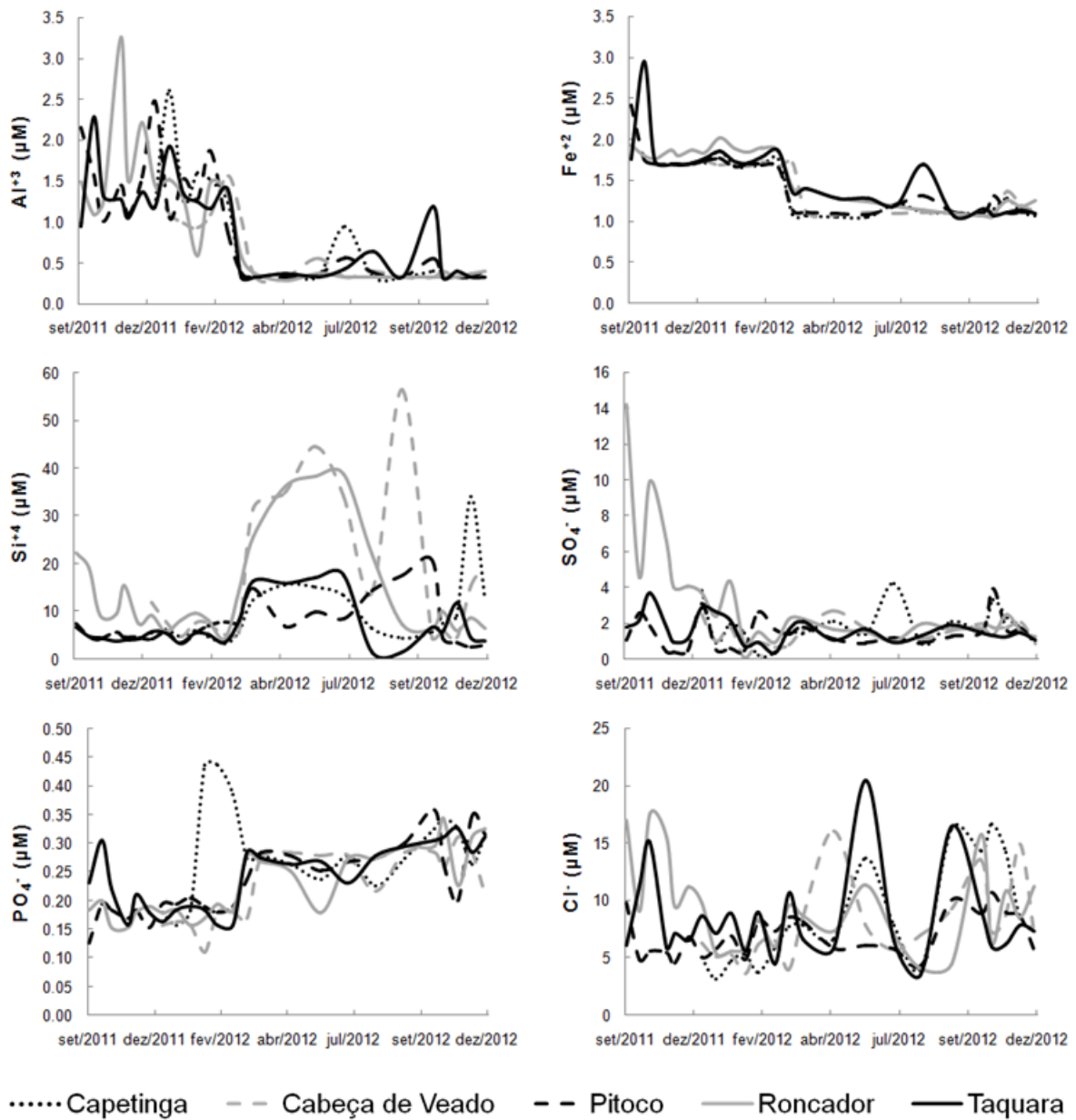


Figura 20. Variação sazonal do alumínio (Al^{+3}), ferro (Fe^{+2}), silício (Si^{+4}), sulfato (SO_4^-), fosfato (PO_4^-) e cloreto (Cl^-) (μM) em córregos da APA Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal (Brasil), entre setembro de 2011 e dezembro de 2012.

5.4 Deposição atmosférica

As amostras de deposição atmosférica coletadas nas proximidades das Matas de Galeria dos Córregos Capetinga, Cabeça de Veado e Pitoco não apresentaram diferença significativa entre si ($p > 0,05$) em nenhuma das variáveis analisadas no presente estudo (Tabela 16).

Os valores medianos de pH variaram de 5,4 (Pitoco) a 5,6 (Capetinga), enquanto para o carbono inorgânico dissolvido (CID) houve variação entre 3,4 (Pitoco) a 5,4 (μM) (Capetinga). Da mesma forma, os valores de condutividade apresentaram medianas entre 9,4 (Pitoco) e 9,8 ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) (Cabeça de Veado) (Tabela 16).

As concentrações de nutrientes também apresentaram comportamento similar, com nenhuma variação significativa observada entre microbacias (Tabela 16)

Tabela 14. Valores medianos (desvio-interquartil) das variáveis analisadas em amostras de **deposição atmosférica** na APA Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal (Brasil), entre novembro de 2011 e dezembro de 2012. Não houve diferença significativa entre eles pelo teste de Kruskal-Wallis ($\alpha = 0,05$). CID = Carbono Inorgânico Dissolvido.

Variáveis	Mata de Galeria		
	Capetinga	Cabeça de Veado	Pitoco
pH	5,6 (0,7)	5,4 (1,3)	5,4 (0,9)
Condutividade ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	9,6 (4,5)	9,8 (3,2)	9,4 (3,8)
CID (μM)	31 (19,7)	38,7 (31,6)	31,2 (13,1)
NH_4^+ (μM)	9,0 (10,1)	18,0 (29,3)	14,5 (13,8)
NO_2^- (μM)	0,9 (0,5)	1,2 (0,8)	0,8 (0,7)
NO_3^- (μM)	10,0 (4,8)	11,5 (6,5)	9,9 (3,1)
Ca^{+2} (μM)	10,3 (6,3)	9,1 (5,0)	8,0 (4,2)
Mg^{+2} (μM)	1,7 (0,9)	1,7 (0,6)	1,4 (1,6)
K^+ (μM)	4,1 (1,8)	5,2 (2,8)	2,7 (3,6)
Na^+ (μM)	3,8 (5,0)	3,2 (4,0)	2,9 (8,2)
Al^{+3} (μM)	0,4 (0,6)	0,7 (0,5)	0,8 (0,8)
Fe^{+2} (μM)	1,1 (0,6)	1,2 (0,5)	1,4 (0,6)
Si^{+4} (μM)	2,0 (0,6)	2,1 (0,9)	1,9 (0,6)
SO_4^- (μM)	4,3 (4,3)	3,8 (1,5)	2,8 (2,2)
PO_4^- (μM)	0,3 (0,1)	0,2 (0,1)	0,2 (0,1)
Cl^- (μM)	10,1 (6,7)	10,6 (8,7)	7,0 (6,3)

Nitrogênio - formas inorgânicas dissolvidas

A forma predominante de nitrogênio dissolvido nas amostras de deposição atmosférica foi N-NH_4^+ , com medianas entre 7,0 (Capetinga) e 14,0 μM (Cabeça de Veado). No entanto, nas amostras provenientes dos coletores da Mata de Galeria do Córrego Cabeça de Veado não foi verificada diferença significativa entre as concentrações de N-NH_4^+ e N-NO_3^- .

Em todas os coletores instalados N-NO_2^- apresentou as menores concentrações, com valores entre 0,2 (Pitoco) a 0,4 μM (Cabeça de Veado), o que corresponde entre 2 e 3% das formas orgânicas dissolvidas, respectivamente (Tabela 17; Figura 21). O somatório de N-NH_4^+ , N-NO_3^- e N-NO_2^- (NID) não apresentou variação significativa entre coletores, apresentando concentrações medianas entre 10,9 (Capetinga) e 13,6 μM (Pitoco).

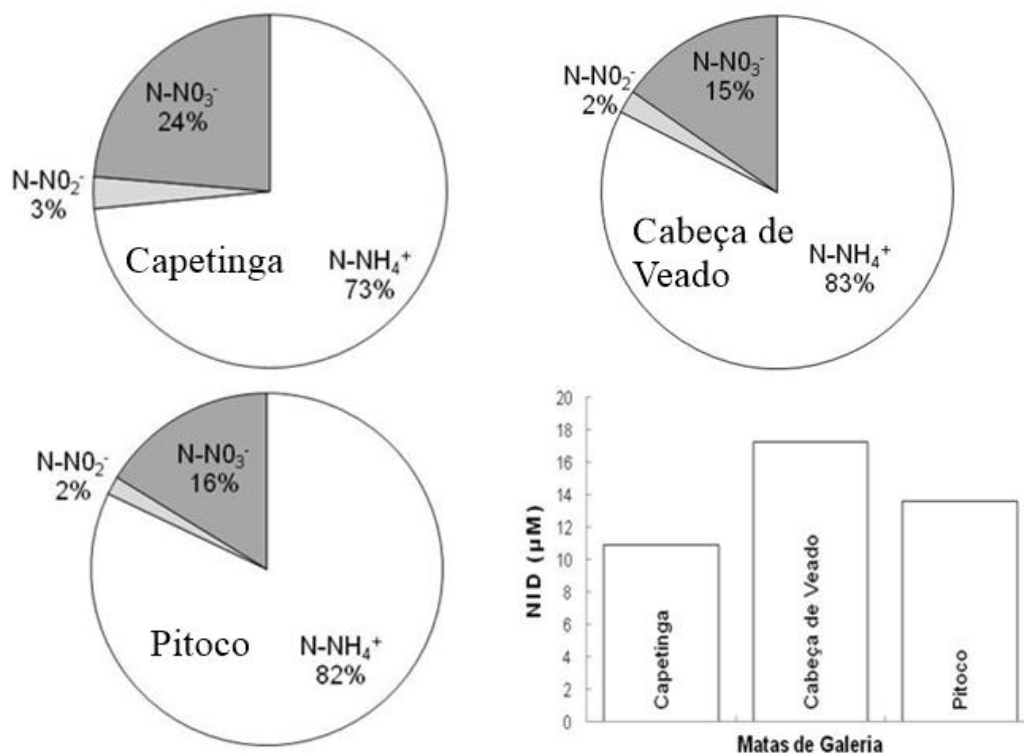


Figura 21. Percentual das concentrações de formas inorgânicas de nitrogênio dissolvido (N-NH_4^+ , N-NO_2^- e N-NO_3^-) e valores medianos do total de nitrogênio inorgânico dissolvido (NID) (μM) em amostras de **deposição atmosférica** na APA Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal (Brasil), entre novembro de 2011 e dezembro de 2012.

Tabela 15. Concentrações medianas seguidas do desvio-interquartilico (μM) das frações inorgânicas de nitrogênio dissolvido (N-NH_4^+ , N-NO_2^- e N-NO_3^-) e do total de nitrogênio inorgânico dissolvido (NID) (μM) em amostras de **deposição atmosférica** na APA Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal (Brasil), entre novembro de 2011 e dezembro de 2012. Letras maiúsculas diferentes indicam que os valores (colunas) diferiram entre si pelo teste de Dunn ($\alpha = 0,05$). Os valores de NID entre matas não diferiram.

Fração de N (μM)	Mata de Galeria		
	Capetinga	Cabeça de Veado	Pitoco
N-NH₄⁺	7,0 (7,8) C	14,0 (22,8) B	11,3 (10,8) C
N-NO₂⁻	0,3 (0,1) A	0,4 (0,2) A	0,2 (0,2) A
N-NO₃⁻	2,3 (1,1) B	2,6 (1,47) B	2,2 (0,7) B
NID	10,9 (9,2)	17,2 (25,2)	13,6 (12,0)

Comparação entre períodos chuvoso e seco

Devido ao pequeno número de amostras de deposição atmosférica no período seco (abril a setembro), não foi possível realizar comparações estatísticas entre os períodos chuvoso e seco, o mesmo ocorrendo para os períodos de setembro a dezembro (2011 e 2012), tendo em vista que as coletas de deposição atmosférica iniciaram-se em novembro de 2011. Diante destas considerações, as medianas obtidas nos períodos chuvoso e seco são apresentados na tabela 18 e a variação anual pode ser verificada nas figuras 22 e 23.

É possível observar que na maioria dos parâmetros físico-químicos medidos no presente estudo, os maiores valores e concentrações ocorreram no período de transição seca-chuva, embora alguns elementos como alumínio e ferro apresentem comportamento inverso, assim como a condutividade (Figura 21 e 22).

Tabela 16. Valores medianos dos parâmetros analisados em amostras de **deposição atmosférica** no período chuvoso (outubro a março) e seco (abril a setembro) na APA Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal (Brasil). O período amostral compreendeu de novembro de 2011 a dezembro de 2012. CID = Carbono Inorgânico Dissolvido.

Variáveis	Mata de Galeria					
	Capetinga		Cabeça de Veado		Pitoco	
	C	S	C	S	C	S
pH	5,6	5,7	5,1	6,1	5,4	5,2
Condutividade ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	9,2	9,8	10,4	7,4	9,2	9,7
CID (μM)	31	31,7	38	47,7	31,3	24,7
NH_4^+ (μM)	11,1	7,8	18,0	15,5	15,4	2,3
NO_2^- (μM)	1,0	0,9	1,3	1,0	1,0	0,6
NO_3^- (μM)	10,0	7,2	12,2	8,2	10,4	8,3
Ca^{+2} (μM)	8,6	13,1	8,7	12,7	7,9	11,1
Mg^{+2} (μM)	1,8	1,4	1,7	1,7	1,4	1,3
K^+ (μM)	4,5	3,5	5,2	7,2	2,6	3,2
Na^+ (μM)	4,0	2,7	3,8	0,9	4,4	0,7
Al^{+3} (μM)	0,4	0,4	0,9	0,6	0,9	0,3
Fe^{+2} (μM)	1,4	1,1	1,6	1,1	1,6	1,1
Si^{+4} (μM)	2,1	1,8	2,4	2,0	1,9	1,9
SO_4^- (μM)	4,2	4,3	3,6	4,3	2,8	2,7
PO_4^- (μM)	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2
Cl^- (μM)	8,4	11,7	9,6	14,7	7,1	6,5

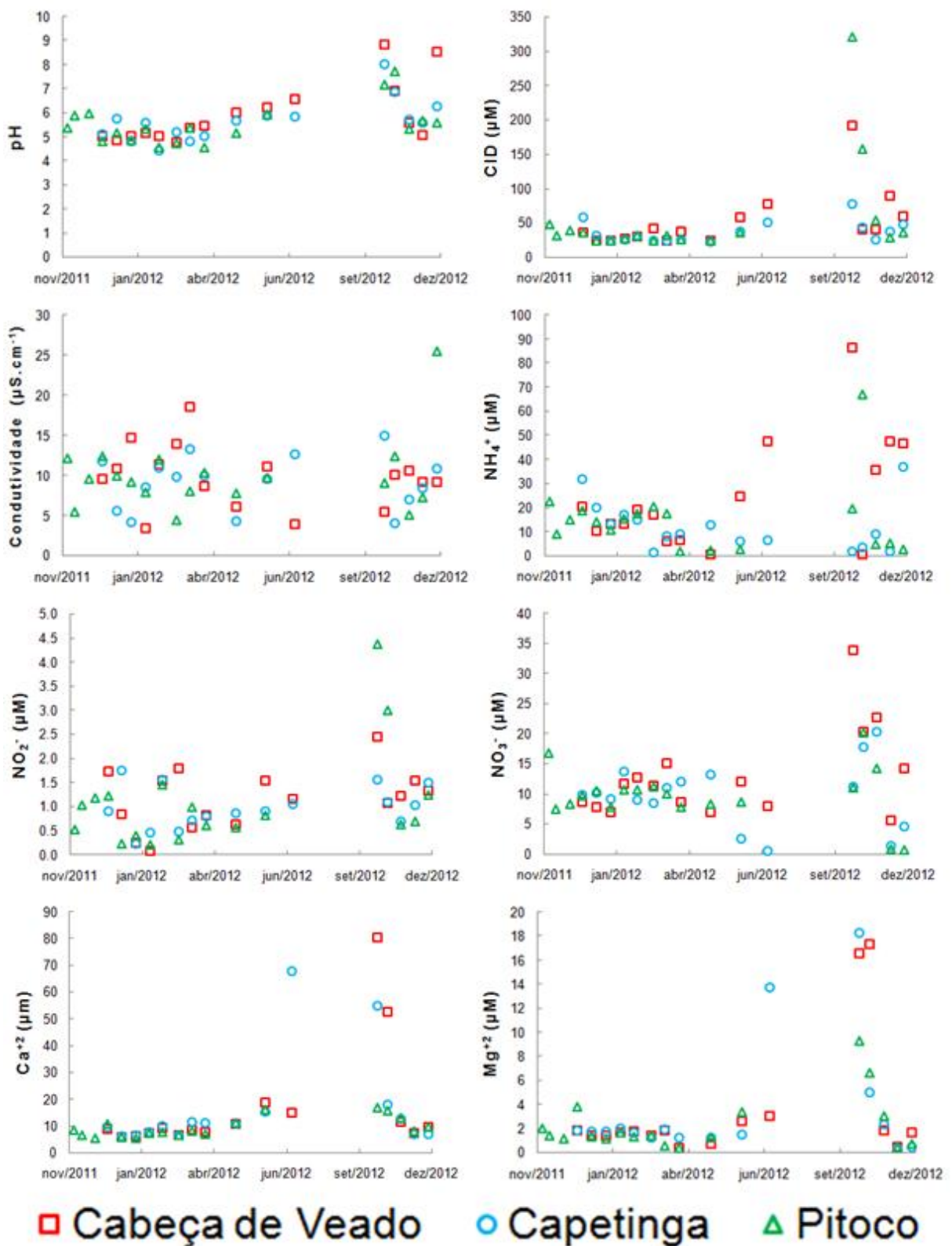


Figura 22. Variação sazonal do pH, carbono inorgânico dissolvido (CID) (μM), condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), amônio (NH_4^+) (μM), nitrito (NO_2^-) (μM), nitrato (NO_3^-) (μM), cálcio (Ca^{+2}) (μm), magnésio (Mg^{+2}) (μm) em amostras de **deposição atmosférica** na APA Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal (Brasil), entre novembro de 2011 e dezembro de 2012.

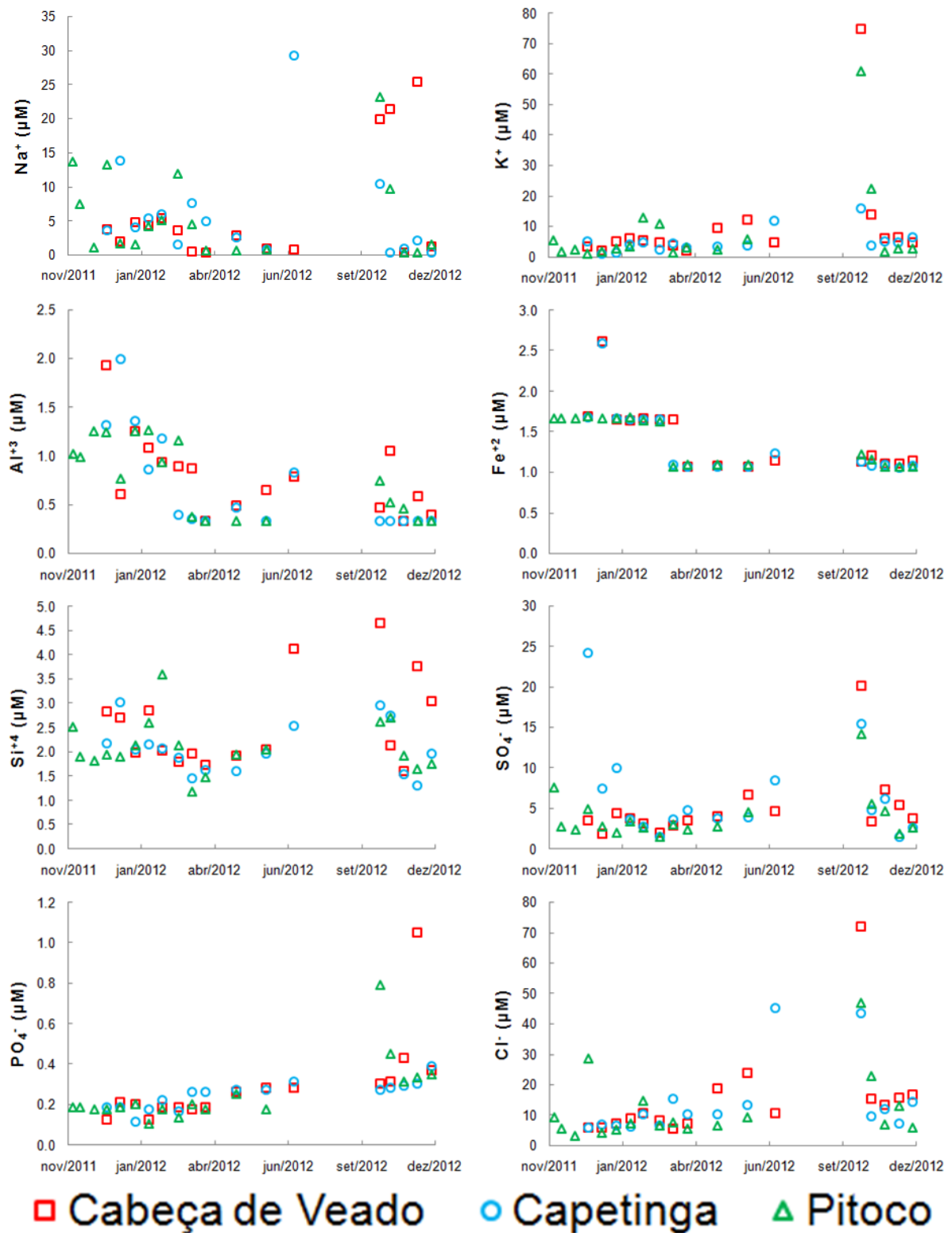


Figura 23. Variação sazonal do sódio (Na^+), potássio (K^+), alumínio (Al^{+3}), ferro (Fe^{+2}), silício (Si^{+4}), sulfato (SO_4^-), fosfato (PO_4^-) e cloreto (Cl^-) (μM) em amostras de **deposição atmosférica** na APA Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal (Brasil), entre dezembro de 2011 e dezembro de 2012.

5.5 Escoamento superficial

Os valores de pH, condutividade elétrica e carbono inorgânico dissolvido (CID) não apresentam diferenças significativas entre as amostras dos coletores instalados nas diferentes matas de galeria ($p > 0,05$), sendo o mesmo observado para sete dos treze nutrientes avaliados (Tabela 19). A variação dos valores foi: pH = 5,3 (Pitoco) a 5,5 (Roncador); CID = 42,8 (Pitoco) e 82,2 μM (Cabeça de Veado); e condutividade = 9,6 (Pitoco) e 11,3 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (Capetinga) (Tabela 19).

As concentrações dos íons amônio, cálcio, magnésio, alumínio, ferro e cloro na amostras de escoamento superficial apresentam variação significativa entre Matas ($p \leq 0,03$). Alumínio e ferro apresentaram comportamento similar, com maiores valores ocorrendo nas Matas do Capetinga e Pitoco (respectivamente, 9,0 e 8,7 μM para Al^{+3} e 2,2 e 2,1 μM para Fe^{+2}) (Tabela 19).

A única variação significativa nas concentrações de cálcio (Ca^{+2}) foi encontrada entre as Matas dos Córregos Cabeça de Veado (20,4) e Pitoco (7,9 μM). Padrão semelhante foi encontrado para a concentração de magnésio (Mg^{+2}), com variação significativa entre os valores verificados nos coletores instalados nas matas dos Córregos Capetinga e Pitoco (5,7 e 7,0 μM respectivamente) e Cabeça de Veado (19,6 μM) (Tabela 19).

Por fim, os menores valores de cloro (Cl^-) foram encontrados na Mata do Taquara (14,8 μM), enquanto os maiores foram obtidos nas Matas do Cabeça de Veado (45,1) e Capetinga (37,4 μM). As concentrações de cloro obtidas na Mata do Pitoco (28,0 μM) não diferiram significativamente das demais matas (Tabela 19).

Nitrogênio - formas inorgânicas dissolvidas

Os maiores valores dentre as formas inorgânicas de nitrogênio foram observados para N-NH_4^+ , com exceção da Mata do Córrego Taquara, em que os valores de N-NH_4^+ e N-NO_3^- foram semelhantes (Tabela 20; Figura 24).

Em relação ao N-NO_2^- , os valores foram significativamente menores do que os de N-NH_4^+ e N-NO_3^- , com exceção das amostras da Mata do Capetinga, nas quais os valores de N-NO_2^- (0,4 μM) e N-NO_3^- (0,8 μM) não diferiram significativamente (Tabela 20; Figura 24).

Tabela 17. Valores medianos (desvio-interquartílico) das variáveis analisadas em amostras de **escoamento superficial** na APA Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal (Brasil), entre dezembro de 2011 e dezembro de 2012. CID = Carbono Inorgânico Dissolvido.

Variáveis	Mata de Galeria			
	Cabeça de Veado	Capetinga	Pitoco	Taquara
pH	5,3 (0,3)	5,5 (0,8)	5,3 (0,7)	5,3 (0,5)
Condutividade ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	10,8 (4,6)	11,3 (4,9)	9,6 (2,9)	10,7 (3,1)
CID (μM)	82,2 (54,6)	54 (52,6)	42,8 (4,8)	56,8 (20,8)
NH₄⁺ (μM)	5,5 (14,7) a	22,7 (95,5) b	15,8 (14,3) ab	4,9 (17,6) a
NO ₂ ⁻ (μM)	1,1 (0,7)	1,3 (14,5)	1,0 (0,4)	1,1 (0,5)
NO ₃ ⁻ (μM)	7,3 (25,1)	3,7 (34,2)	9,9 (6,7)	14,3 (24,6)
Ca⁺² (μM)	20,4 (10,4) b	7,2 (10,0) ab	7,9 (4,4) a	10,5 (5,6) ab
Mg⁺² (μM)	19,6 (21,2) b	5,7 (5,7) a	7,1 (3,1) a	11,4 (4,1) ab
K ⁺ (μM)	42,8 (52,2)	45,1 (27,3)	29,6 (9,2)	30,4 (15,6)
Na ⁺ (μM)	5,9 (3,1)	4,8 (4,3)	2,5 (2,5)	1,3 (5,3)
Al⁺³ (μM)	1,5 (2,0) a	9,0 (7,7) b	8,7 (13,7) b	3,3 (2,7) a
Fe⁺² (μM)	0,8 (0,4) a	2,2 (1,1) b	2,1 (1,8) b	0,8 (0,5) a
Si ⁺⁴ (μM)	4,2 (5,2)	7,1 (4,9)	4,7 (6,6)	3,5 (4,3)
SO ₄ ⁻ (μM)	10,3 (3,1)	8,0 (13,0)	5,5 (5,4)	5,9 (4,5)
PO ₄ ⁻ (μM)	0,4 (0,1)	0,4 (18,1)	0,4 (0,1)	0,4 (0,1)
Cl⁻ (μM)	45,1 (23,1) b	37,4 (29,7) b	28,0 (14,7) ab	20,7 (14,8) a

Tabela 18. Concentrações medianas (μM) seguidas do desvio-interquartílico das frações inorgânicas de nitrogênio dissolvido (N-NH₄⁺, N-NO₂⁻ e N-NO₃⁻) e do total de nitrogênio inorgânico dissolvido (NID) (μM) em amostras de **escoamento superficial** na APA Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal (Brasil), entre dezembro de 2011 e dezembro de 2012. Letras maiúsculas diferentes indicam que os valores (colunas) são diferentes entre si pelo teste de Dunn ($\alpha = 0,05$). Os valores de NID entre matas não diferiram entre si.

Fração de N (μM)	Mata de Galeria			
	Cabeça de Veado	Capetinga	Pitoco	Taquara
N-NH₄⁺	7,2 (11,9) C	17,6 (74,3) B	12,3 (11,1) C	3,8 (13,7) B
N-NO₂⁻	0,3 (0,2) A	0,4 (4,4) A	0,3 (0,1) A	0,3 (0,14) A
N-NO₃⁻	1,6 (5,7) B	0,8 (7,7) A	2,2 (1,6) B	3,2 (5,6) B
NID	11,7 (8,3)	18,6 (10,0)	16,5 (15,7)	8,2 (39,4)

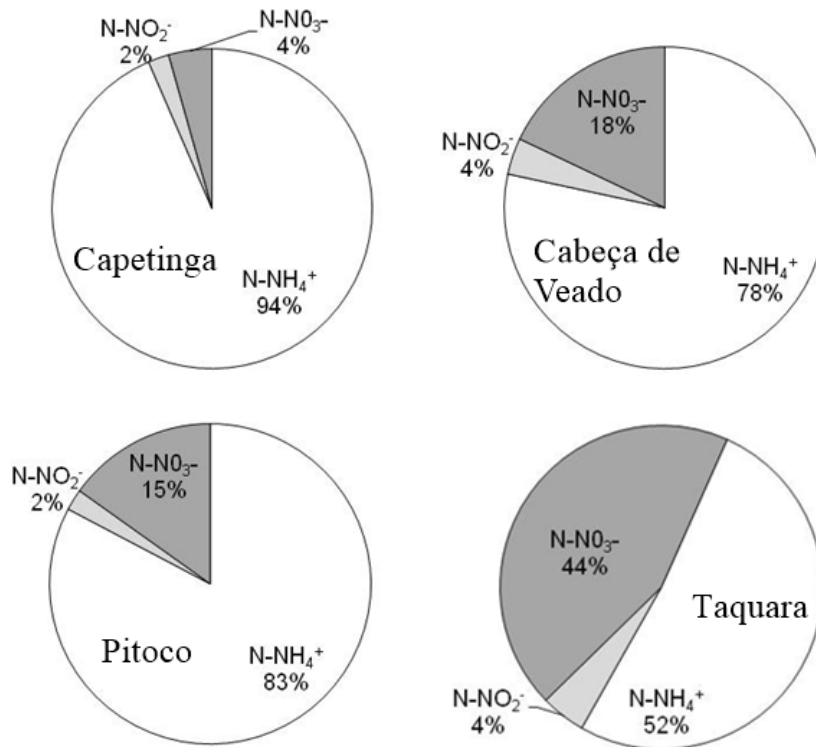


Figura 24. Percentual das concentrações de formas inorgânicas de nitrogênio dissolvido (N-NH₄⁺, N-NO₂⁻ e N-NO₃⁻) em amostras de **escoamento superficial** na APA Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal (Brasil), entre dezembro de 2011 e dezembro de 2012.

Comparação entre períodos chuvoso e seco

Pelos mesmos motivos expostos para os valores de deposição atmosférica, não foi possível avaliar diferenças significativa entre as concentrações nos períodos chuvoso, seco e de transição (Tabela 21). Os valores de carbono inorgânico dissolvido (CID) e condutividade, assim como a concentração de alguns íons, acompanharam a tendência verificada nas amostras de deposição atmosférica, aumentando durante o período seco e diminuindo a partir das primeiras chuvas. Da mesma forma, outros íons como alumínio e ferro mostraram comportamento inverso (Figuras 25 e 26).

Tabela 19. Valores medianos observados no período chuvoso (outubro a março) e seco (abril a setembro) dos parâmetros analisados em amostras de **escoamento superficial** na APA Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal (Brasil), entre dezembro de 2011 e dezembro de 2012

Variáveis	Mata de Galeria							
	Cabeça de Veado		Capetinga		Pitoco		Taquara	
	C	S	C	S	C	S	C	S
pH	5,2	5,6	5,5	5,4	5,2	5,6	5,4	4,9
Condutividade ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	13,3	8,4	11,3	11,7	10,6	6,8	10,7	12,6
CID (μM)	96,7	63,6	49,3	59,3	43,3	42,3	59,3	26,9
NH_4^+ (μM)	7,5	12,9	14,9	87,4	16,6	14,9	4,1	46,5
NO_2^- (μM)	0,9	1,1	1,1	29,0	1,1	0,9	1,1	0,6
NO_3^- (μM)	2,06	21,3	2,9	63,6	10,1	8,3	12,8	181,3
Ca^{+2} (μM)	13,9	23,4	7,4	7,2	7,2	11,7	10,3	31,8
Mg^{+2} (μM)	8,8	26,4	5,4	7,6	7,2	7,0	10,9	36,8
K^+ (μM)	32,6	63,4	43,0	66,1	30,0	19,4	25,0	52,0
Na^+ (μM)	6,1	4,9	4,2	5,9	2,0	2,9	0,9	9,1
Al^{+3} (μM)	2,1	1,4	9,3	6,8	16,3	7,0	3,3	3,3
Fe^{+2} (μM)	1,0	0,7	2,2	1,7	2,7	1,6	0,8	0,8
Si^{+4} (μM)	4,28	4,0	6,0	8,9	8,0	4,3	3,1	4,8
SO_4^- (μM)	9,19	10,47	4,66	12,21	5,07	9,63	3,90	14,85
PO_4^- (μM)	0,43	0,44	0,41	5,88	0,42	0,33	0,35	6,19
Cl^- (μM)	28,85	51,35	34,31	63,72	26,91	38,90	18,77	34,69

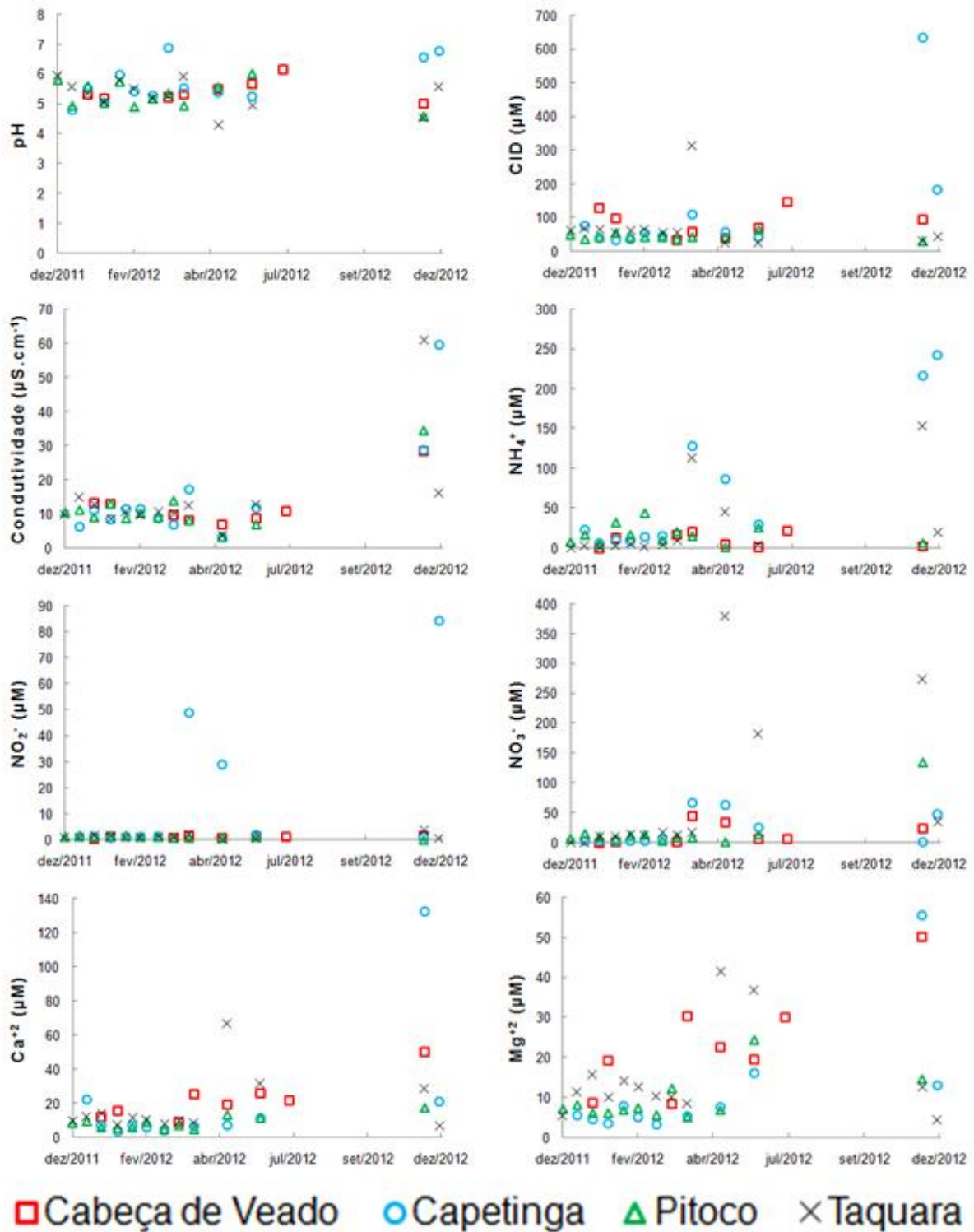


Figura 25. Variação sazonal do pH, carbono inorgânico dissolvido (CID) (μM), condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), amônio (NH_4^+) (μM), nitrito (NO_2^-) (μM), nitrato (NO_3^-) (μM), cálcio (Ca^{+2}) (μM), magnésio (Mg^{+2}) (μM) em amostras de **escoamento superficial** na APA Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal (Brasil), entre dezembro de 2011 e dezembro de 2012.

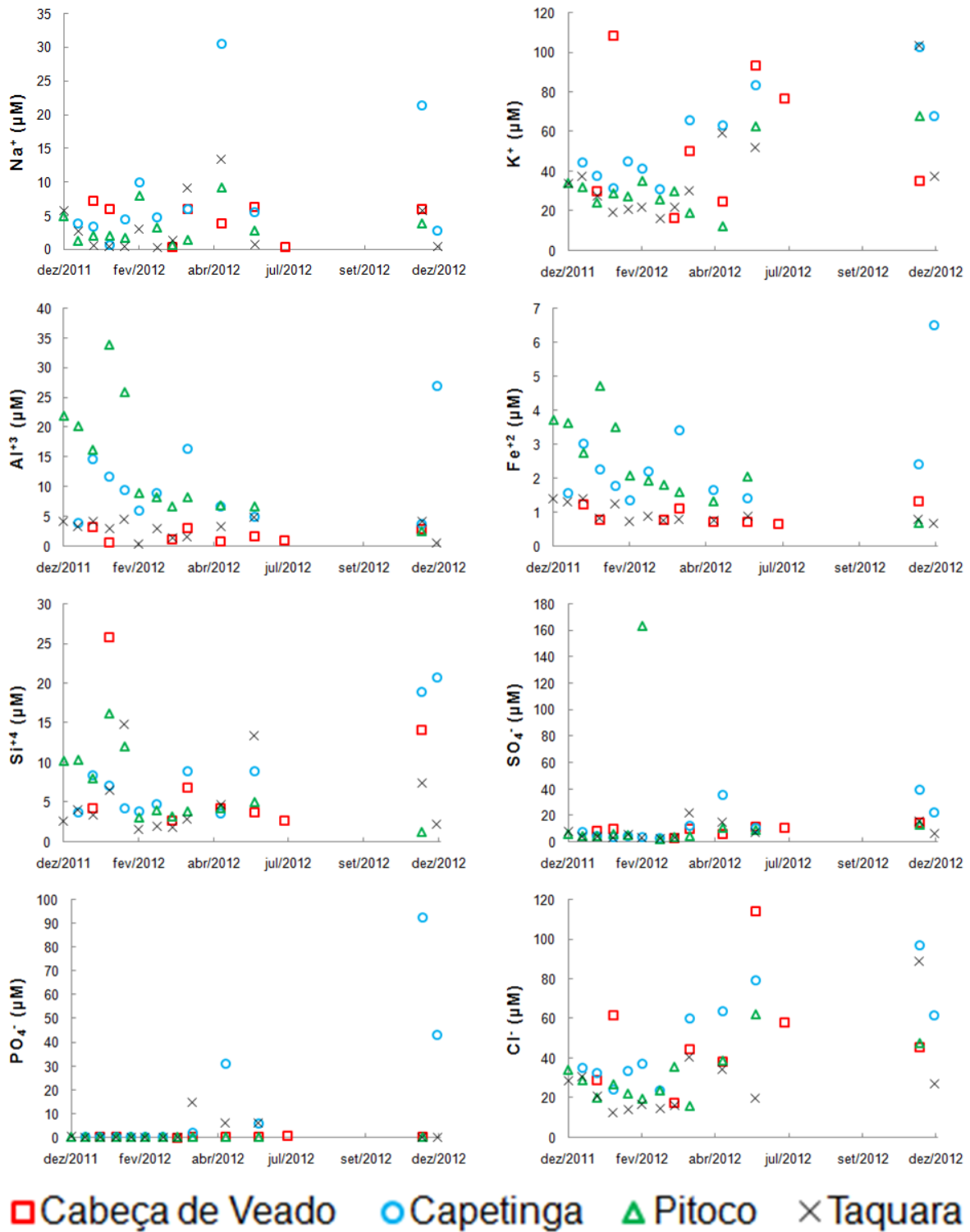


Figura 26. Variação sazonal do sódio (Na^+), potássio (K^+), alumínio (Al^{+3}), ferro (Fe^{+2}), silício (Si^{+4}), sulfato (SO_4^-), fosfato (PO_4^-) e cloreto (Cl^-) (μM) em amostras de **escoamento superficial** na APA Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal (Brasil), entre dezembro de 2011 e dezembro de 2012.

5.6 Solução Freática

Os valores de pH, condutividade e carbono inorgânico dissolvido (CID) foram similares entre as áreas, variando de: pH = 5,2 a 5,4; condutividade = 11,2 a 14,4 ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$); e CID = 67,2 a 74,1 (μM), nas Matas dos Córregos Pitoco e Taquara, respectivamente (Tabela 22).

Quanto aos nutrientes, as maiores concentrações dos íons amônio (30,1 μM), nitrato (5,6 μM) e cálcio (8,6 μM) foram verificadas na Mata do Taquara, enquanto as de sódio (15,4 μM) e alumínio (1,2 μM) ocorreram na Mata do Pitoco (Tabela 22).

Tabela 20. Valores medianos (desvio-interquartílico) das variáveis analisadas em amostras de **solução freática** nas Matas de Galeria do Córrego Pitoco e Taquara, ambas localizadas na APA Gama e Cabeça de Veado (Brasil), entre novembro de 2011 e dezembro de 2012. O asterisco (*) indica o maior valor pelo teste de Dunn ($\alpha = 0,05$). CID = Carbono Inorgânico Dissolvido.

Variáveis	Mata de Galeria	
	Pitoco	Taquara
pH	5,2 (0,5)	5,4 (0,4)
Condutividade ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	11,2 (2,3)	14,4 (11,9)
CID (μM)	67,2 (30,5)	74,1 (47,1)
NH₄⁺ (μM)	14,7 (8,9)	30,1* (22,7)
NO ₂ ⁻ (μM)	0,7 (0,3)	0,8 (0,4)
NO₃⁻ (μM)	3,1 (2,0)	5,6* (5,9)
Ca⁺² (μM)	4,6 (3,7)	8,6* (5,8)
Mg ⁺² (μM)	1,9 (5,8)	1,7 (2,0)
K ⁺ (μM)	5,4 (2,6)	7,3 (10,1)
Na⁺ (μM)	15,4* (4,4)	9,4 (6,2)
Al⁺³ (μM)	1,2* (2,3)	0,3 (0,01)
Fe ⁺² (μM)	0,7 (0,4)	0,7 (1,0)
Si ⁺⁴ (μM)	10,7 (16,4)	10,7 (25,2)
SO ₄ ⁻ (μM)	3,7 (2,7)	3,3 (3,5)
PO ₄ ⁻ (μM)	0,3 (0,1)	0,3 (0,2)
Cl ⁻ (μM)	28,1 (14,7)	21,4 (9,6)

Nitrogênio - formas inorgânicas dissolvidas

As concentrações de N-NH_4^+ foram significativamente maiores em comparação as de N-NO_2^- e N-NO_3^- , sendo que este último apresentou valores intermediários entre as três formas de nitrogênio inorgânico (Tabela 23). A soma das frações inorgânicas de nitrogênio (NID) foi significativamente maior na Mata do Taquara (24,6 μM) do que no Pitoco (12,3 μM), acompanhando a tendência observada com as concentrações de amônio, que foram maiores na primeira (Tabela 22 e 23; Figura 27).

Tabela 21. Concentrações medianas seguidas do desvio-interquartílico (μM) das frações inorgânicas de nitrogênio (N) dissolvido em amostras de **solução freática** nas Matas de Galeria do Córrego Pitoco e Taquara, ambas localizadas na APA Gama e Cabeça de Veado (Brasil), entre novembro de 2011 e dezembro de 2012. Letras maiúsculas diferentes indicam que os valores (colunas) diferiram entre si pelo teste de Dunn ($\alpha = 0,05$). O asterisco (*) indica o maior valor de NID pelo mesmo teste.

Fração de N (μM)	Mata de Galeria	
	Pitoco	Taquara
N-NH_4^+	11,5 (8,4) C	23,4 (17,6) C
N-NO_2^-	0,2 (0,2) A	0,2 (0,1) A
N-NO_3^-	0,7 (0,6) B	1,3 (1,3) B
NID	12,3 (6,5)	24,6* (20,6)

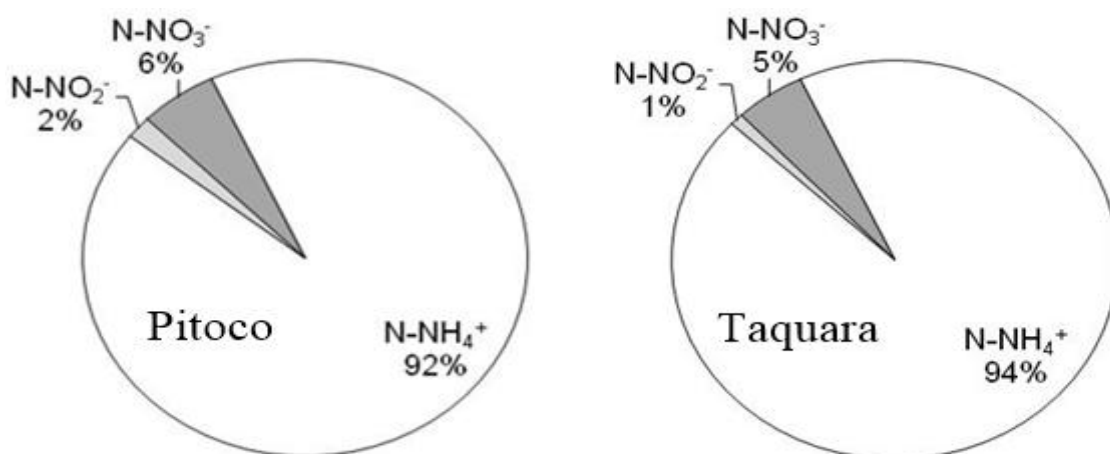


Figura 27. Percentual das concentrações de formas inorgânicas de nitrogênio dissolvido (N-NH_4^+ , N-NO_2^- e N-NO_3^-) em amostras de **solução freática** nas Matas de Galeria do Córrego Pitoco e Taquara, ambas localizadas na APA Gama e Cabeça de Veado (Brasil), entre novembro de 2011 e dezembro de 2012

Comparação entre períodos chuvoso e seco

No período chuvoso, a concentração de carbono inorgânico dissolvido (CID) na solução freática da Mata do Taquara (81,5 μM) foi maior do que a observada no período seco (54,9 μM). Já os valores de pH, CID (Mata do Pitoco) e condutividade não apresentaram variação significativa entre si (Tabela 24).

Em relação aos nutrientes, não foi possível observar uma tendência única, com maiores concentrações de amônio (36,2 μM , Mata do Taquara) e nitrito (0,8 e 1,0 μM , nas Matas do Pitoco e Taquara, respectivamente) ocorrendo no período chuvoso e de sulfato (5,1 μM) e cloro (41,8 μM) sendo maiores no período seco (estes últimos somente na Mata do Pitoco) (Tabela 24).

O comportamento sazonal dos valores e concentrações das variáveis analisadas na solução freática foi distinto dos demais componentes de fluxo, com maior amplitude de valores e oscilações durante o ano para os íons nitrito, sódio, cloro e fosfato (Figuras 27 e 28). Também observou-se que a concentração dos íons cálcio, magnésio, alumínio e cloro na solução freática do Córrego Pitoco apresentou menor flutuação do que as observadas na Mata do Taquara (Figura 27 e 28).

Tabela 22. Valores medianos observados no período chuvoso (outubro a março) e seco (abril a setembro) dos parâmetros analisados em amostras de **solução freática** nas Matas de Galeria do Córrego Pitoco e Taquara, ambas localizadas na APA Gama e Cabeça de Veado (Brasil), entre novembro de 2011 e dezembro de 2012. CID = Carbono Inorgânico Dissolvido.

Variáveis	Mata de Galeria			
	Pitoco		Taquara	
	C	S	C	S
pH	5,2	5,2	5,4	5,4
Condutividade ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	11,2	11,7	15,4	11,0
CID (μM)	66,6	79,0	81,5*	54,9
NH₄⁺ (μM)	13,8	19,8	36,2*	24,5
NO₂⁻ (μM)	0,8*	0,6	0,97*	0,7
NO ₃ ⁻ (μM)	3,1	3,5	7,2	4,5
Ca ⁺² (μM)	4,6	4,7	9,5	6,4
Mg ⁺² (μM)	1,9	4,7	1,9	1,4
K ⁺ (μM)	5,4	6,5	8,9	5,4
Na ⁺ (μM)	14,0	16,4	9,4	9,0
Al ⁺³ (μM)	1,2	0,8	0,3	0,3
Fe ⁺² (μM)	0,7	0,6	0,8	0,7
Si ⁺⁴ (μM)	12,7	7,8	16,7	4,6
SO₄⁻ (μM)	2,9	5,1*	3,6	3,3
PO ₄ ⁻ (μM)	0,3	0,2	0,3	0,3
Cl⁻ (μM)	26,9	41,8*	19,6	24,9

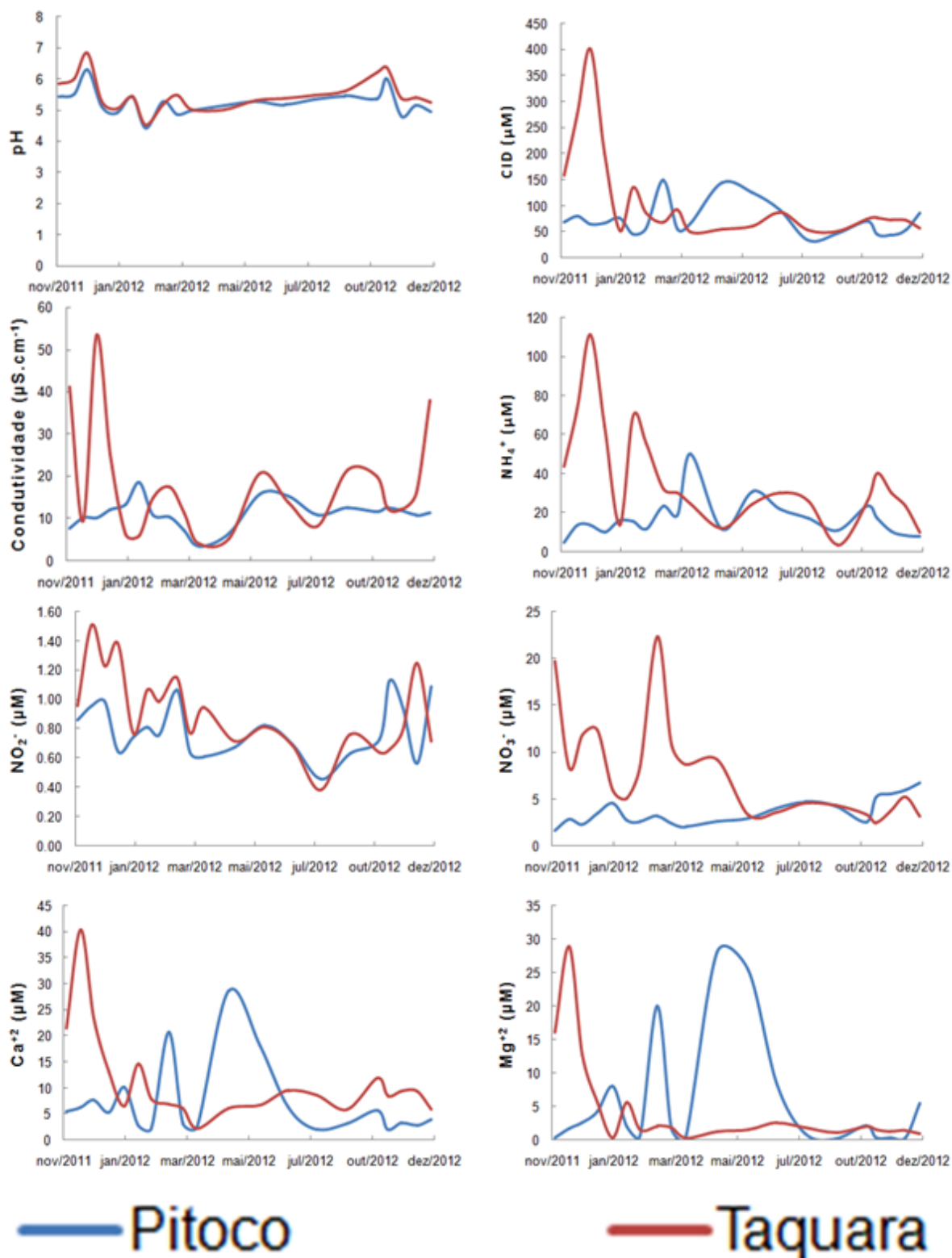


Figura 28. Variação sazonal do pH, carbono inorgânico dissolvido (CID) (μM), condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), amônio (NH_4^+) (μM), nitrito (NO_2^-) (μM), nitrato (NO_3^-) (μM), cálcio (Ca^{+2}) (μM), magnésio (Mg^{+2}) (μM) em amostras de **solução freática** nas Matas de Galeria do Córrego Pitoco e Taquara, ambas localizadas na APA Gama e Cabeça de Veado (Brasil), entre novembro de 2011 e dezembro de 2012.

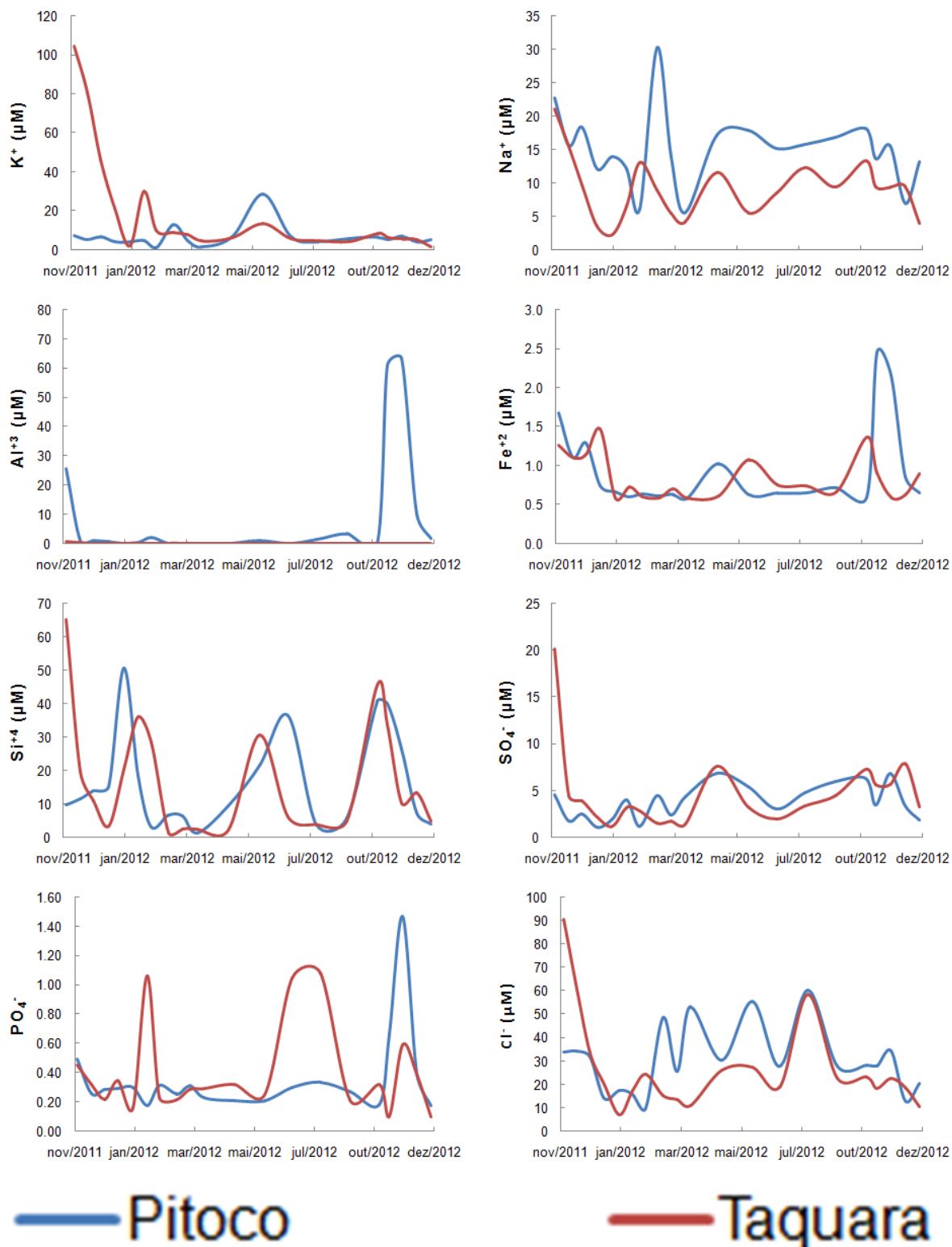


Figura 29. Variação sazonal do potássio (K⁺), sódio (Na⁺), alumínio (Al³⁺), ferro (Fe²⁺), silício (Si⁴⁺), sulfato (SO₄⁻), fosfato (PO₄⁻) e cloreto (Cl⁻) (μM) em amostras de **solução freática** nas Matas de Galeria do Córrego Pitoco e Taquara, ambas localizadas na APA Gama e Cabeça de Veado (Brasil), entre novembro de 2011 e dezembro de 2012.

5.7 Fluxo de nutrientes em amostras de deposição atmosférica

Os maiores fluxos de N-NO_3^- , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , Si^{+4} , PO_4^- foram determinados para o coletor na área do Córrego Cabeça de Veado, enquanto os fluxos de N-NH_4^+ , N-NO_2^- , Al^{+3} , Fe^{+2} e Cl^- foram maiores no coletor instalado na área do Pitoco. Já para SO_4^- , o maior valor de fluxo foi detectado no coletor do Capetinga (Tabela 25). No entanto, pela pequena quantidade de dados, não foi possível verificar a existência de diferenças significativa entre os valores.

A divisão do fluxo entre as formas inorgânicas de nitrogênio nas amostras de deposição atmosférica foi similar ao observado na maioria dos componentes estudados neste trabalho, com maiores valores sendo observados para N-NH_4^+ , seguidos de N-NO_3^- e, por último, N-NO_2^- ($\text{N-NH}_4^+ = 3,5$ (Capetinga) a $5,5 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ (Pitoco); $\text{N-NO}_2^- = 0,2$ (Capetinga) a $0,2 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ (Pitoco) ; e $\text{N-NO}_3^- = 2,3$ (Capetinga) e $2,7 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ (Cabeça de Veado)), somando um total de $6,0$, $8,0$ e $8,3 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ de N inorgânico nas áreas dos Córrego Capetinga, Cabeça de Veado e Pitoco, respectivamente (Tabela 25).

Tabela 23. Fluxo de nutrientes ($\text{kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) em amostras de deposição atmosférica em microbacias localizadas na APA Gama e Cabeça de Veado (Brasil), entre setembro de 2011 e dezembro de 2012.

Soluto	Capetinga	Cabeça de Veado	Pitoco
	(kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)		
N-NH_4^+	3,5	5,1	5,5
N-NO_2^-	0,2	0,2	0,3
N-NO_3^-	2,3	2,7	2,6
K^+	2,6	9,6	4,7
Ca^{+2}	6,8	8,1	7,3
Mg^{+2}	0,8	1,2	0,9
Na^+	1,7	2,6	2,2
Al^{+3}	0,4	0,4	0,4
Fe^{+2}	1,4	1,4	1,7
Si^{+4}	1,0	1,1	1,2
Cl^-	5,7	7,3	7,7
SO_4^-	12,2	7,0	7,2
PO_4^-	0,4	0,5	0,5

O fluxo de potássio foi cerca de três vezes superior na área do Córrego Cabeça de Veado ($9,6 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) em relação a do Córrego Capetinga ($2,6 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$), enquanto o de cloreto na área do Capetinga ($5,7 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) foi inferior aos das outras áreas ($7,2$ (Cabeça de Veado) e $7,7 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ (Pitoco)). Em relação ao fluxo de sulfato, os maiores valores foram encontrados na área do Córrego Capetinga ($12,2 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) em relação as demais áreas ($7,0$ (Cabeça de Veado) e $7,2 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ (Pitoco)) (Tabela 25).

6. DISCUSSÃO

Incidência de incêndios florestais entre 2002 e 2012

Embora estejam incluídas em unidades de conservação relativamente protegidas e sejam cobertas por vegetação nativa, as microbacias estudadas apresentam incêndios florestais freqüentes, inclusive nas respectivas áreas de contribuição delimitadas neste trabalho. Para os objetivos deste estudo é importante salientar que o tamanho da área de contribuição depende da localização do ponto de coleta, sendo a porção que mais influencia a variação das características químicas e físicas aferidas nos córregos e demais componentes do fluxo.

De acordo com Silva (2001), entre os anos de 1996 e 2000 ocorreram vinte e sete focos de incêndios florestais na área do Jardim Botânico de Brasília, com área queimada total de 25,82 km². Na Reserva do IBGE ocorreu somente um foco em 1999, que culminou em uma área queimada de 8,51 km², enquanto a Fazenda Água Limpa foi atingida por dez focos, com área total queimada de 8,96 km². Com exceção da Reserva do IBGE, as demais áreas foram atingidas anualmente entre 1996 a 1999, revelando que a freqüência de incêndios nestas tem sido alta, embora não tenhamos dados se os focos explicitados acima incidiram sobre uma mesma área ou não.

Na área do Jardim Botânico de Brasília, englobando a parte norte da bacia do Córrego Taquara (divisa com as quadras residenciais do Lago Sul), entre os anos de 1995 a 2006 foram detectados 54 incêndios, sendo somente dois de origem natural (Salles, 2007). Neste período, somente nos anos de 2000, 2003 e 2006 a reserva não foi atingida por incêndios florestais, obtendo uma média anual de 5,86 km² de área queimada.

Sobre as microbacias delimitadas neste estudo, a incidência de incêndios florestais sobre uma mesma área entre os anos de 2002 e 2012 foi significativa, com aproximadamente 40% das respectivas áreas de contribuição queimadas duas vezes neste período. Neste ponto, é importante ressaltar que os incêndios de 2005 e 2011 foram os que mais contribuíram para aumentar esta incidência, com exceção da área de captação do Córrego Capetinga, que foi afetada somente pelos incêndios de 2005 e 2007.

Na savana australiana, o estudo de Yates *et al.* (2008), observou a ocorrência de grandes incêndios em intervalos de dois a três anos, o que tem impactado os ecossistemas locais. De acordo com Delarze *et al.* (1992), reação da vegetação após um incêndio depende da freqüência de incêndios passados. Geralmente, a recuperação é rápida após o fogo, tanto com espécies lenhosas ou herbáceas. No entanto, a tendência com o aumento da freqüência de

incêndios é o empobrecimento florístico e do solo.

Nas microbacias estudadas, os incêndios florestais de 2005, 2007 e 2011 atingiram grandes áreas de ambientes florestais, principalmente Matas de Galeria, o que pode estar provocando alterações importantes no processo local de ciclagem de nutrientes. Os incêndios provocam graves danos a manutenção e equilíbrio de fitofisionomias florestais, devido ao fato de não possuírem muitas espécies com adaptações fisiológicas e morfológicas ao fogo, ao contrário das espécies comumente encontradas em fitofisionomias savânicas e campestres (Walter & Ribeiro, 2010). Segundo Hoffmann *et al.* (2003), espécies típicas de savana possuem casca mais grossa, menor altura reprodutiva e maior alocação de biomassa nas raízes do que espécies de ambientes florestais, o que confere às primeiras uma efetiva maior proteção ao fogo. Por outro lado, Walter & Ribeiro (2010) afirmam que ambientes florestais são menos propensos a ocorrência de fogo pela maior umidade e a menor quantidade de gramíneas em seu interior.

Embora as pesquisas de Silva (2001) e Salles (2007) abranjam áreas maiores do que as delimitadas neste estudo, duas constatações podem ser extraídas dos três trabalhos: os incêndios florestais têm sido freqüentes nas três reservas (FAL, IBGE e JBB), conferindo um histórico similar de convívio com o fogo nestas áreas, inclusive em ambientes florestais; e existem pontos críticos nestas unidades de conservação que merecem mais atenção quanto às ações preventivas aos incêndios florestais, principalmente nas zonas limítrofes com residências (Lago Sul e Park Way), DF-001 e área da Aeronáutica.

Em pesquisa na Estação Ecológica de Águas Emendadas, Costa *et al.* (2009), também observaram que áreas próximas a condomínios urbanos e estradas são as mais propensas a ocorrência de incêndios florestais, necessitando de maior atenção nas ações preventivas.

Efeitos dos incêndios florestais sobre a água de córregos e o fluxo de nutrientes

Nas amostras de água dos córregos, os maiores valores de condutividade elétrica, turbidez, nitrato, magnésio e ferro foram observados em locais com áreas de captação queimadas pelo incêndio de 2011. No entanto, não foi verificada relação direta entre a porcentagem de área queimada e os valores das amostras na maioria das variáveis analisadas.

No Córrego Cabeça de Veado, que teve 41,9% de sua AC queimada, as amostras de água apresentaram maiores valores em alguns parâmetros do que outras com maior porcentagem de AC queimada. Além disso, as concentrações de silício e sulfato apresentaram valores altos também nas amostras de água do Córrego Capetinga, que não foi atingida por

incêndios em 2011. Esta disparidade também foi verificada nas amostras de deposição atmosférica, solução de escoamento superficial e solução freática.

Um dos fatores que pode estar influenciando estes valores é o histórico similar de ocorrência de incêndios nestas áreas – no período de 2002 a 2012, entre 93,4 e 95,8% de todas as áreas de contribuição foram atingidas por incêndios florestais, tendência também verificada nos trabalhos de Silva (2001) e Salles (2007) Com isso, alterações na estrutura e composição da vegetação de todas as áreas de contribuição delimitadas neste estudo podem estar modificando o fluxo de nutrientes de forma semelhante nestas áreas.

Segundo Oliveira (2010), alterações provocadas pelo fogo podem durar vários anos. Estudando as alterações provocadas por incêndios florestais na Mata de Galeria do Córrego Capetinga, o autor verificou que o fogo provocou mudanças na composição florística e na estrutura de suas populações. Estudando o fluxo de nutrientes em área de Cerrado *sensu stricto*, Nardoto (2000) observou que, embora as concentrações de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre tenha sido maiores na serapilheira da área com queimas bienais durante oito anos em relação a área protegida do fogo durante 26 anos, a produção de serapilheira nesta última foi cerca de seis vezes maior, o que refletiu em um maior fluxo de nutrientes. A autora ainda afirma que a camada lenhosa do Cerrado pode estar perdendo nutrientes essenciais com queimas freqüentes. De acordo com Santos *et al.* (2003), os efeitos negativos do fogo sobre o balanço de carbono em área de Campo Sujo são neutralizados após doze meses do evento.

Por outro lado, as cinzas depositadas na superfície do solo em decorrência da mineralização da matéria orgânica provocada pelos incêndios florestais, assim como os aerossóis acumulados no compartimento atmosférico por este processo, são facilmente lixiviados nas primeiras chuvas após as queimadas (Cavalcanti, 1978; Batmanian, 1983), de forma que se as coletas não forem realizadas rapidamente, os efeitos imediatos provocados pelo fogo podem não ser observados corretamente. As coletas realizadas nas áreas presentes na Reserva do IBGE iniciaram-se logo após o incêndio de 2011, quando ocorreram as primeiras chuvas, sendo possível avaliar os efeitos que ocorreram logo após a queimada nos Córregos Pitoco, Taquara e Roncador. No entanto, as coletas nas áreas do Córrego Capetinga e Cabeça de Veado iniciaram-se três meses após a ocorrência do incêndio nas respectivas unidades de conservação, o que dificultou a comparação entre as áreas.

Por fim, caso os nutrientes contidos no compartimento atmosférico não sejam totalmente lixiviados nas primeiras chuvas, permanecendo por mais tempo nos diferentes

componentes do fluxo, todas as microbacias do presente estudo podem estar sendo afetadas, considerando a pequena distância entre as mesmas. Parron (2004) observou que as altas concentrações de NH_4^+ , NO_3^- , K^+ e SO_4^- nas amostras de deposição atmosférica, íons geralmente associados a queima de biomassa, podem ser atribuídas à proximidade da Mata de Galeria do Córrego Pitoco da área do “Projeto Fogo”, onde queimas anuais regulares eram realizadas. É importante ressaltar que entre 2010 e 2012 não foram realizadas queimadas por este projeto na reserva do IBGE.

Na análise dos períodos de transição seca-chuva, os efeitos dos incêndios florestais sobre a qualidade da água dos córregos parecem ser significativos, com maiores valores de condutividade elétrica, turbidez, saturação por oxigênio, fósforo e cloreto observados no segundo período de transição (setembro a dezembro de 2012) e maiores concentrações dos demais nutrientes (onze) verificadas no primeiro período de transição (setembro a dezembro de 2011). As únicas variáveis que não apresentaram concentrações significativamente diferentes em nenhuma das amostras de água dos três córregos (Pitoco, Roncador e Taquara) foram carbono inorgânico dissolvido amônio (NH_4^+). Em estudo no noroeste dos Estados Unidos, Stephan *et al.* (2012), verificou que os efeitos do fogo em ecossistemas terrestres tendem a ser mais fortes e estatisticamente significativos no primeiro período de crescimento após o fogo.

Alguns fatores que podem influenciar a variação destas concentrações e valores são: volume das chuvas nos respectivos períodos e o fluxo de nutrientes associado à deposição atmosférica. A precipitação acumulada antes das coletas foi ligeiramente superior no segundo período de transição seca-chuva em comparação ao primeiro (131,2 e 115,9 mm, respectivamente). Considerando o volume total da precipitação nestes períodos, ocorreu o inverso, com valores ligeiramente maiores no primeiro em comparação ao segundo (487,3 e 462,5 mm, respectivamente). No entanto, observa-se que os valores foram próximos em ambas as análises.

Em relação ao fluxo de nutrientes na deposição atmosférica, os valores observados em amostras da área do Córrego Pitoco diferiram dos obtidos por Rezende (2001), Parron (2004) e Silva (2008) na mesma área. Com exceção do cloreto, o restante dos fluxos foram maiores do que os observados por Rezende (2001), enquanto houve uma divisão (metade maiores, metade menores) em relação ao trabalho de Silva (2008). Os resultados de Parron (2004) foram os que mais se aproximaram dos resultados obtidos neste trabalho.

Todos estes resultados mostram que ocorreram variações temporais no fluxo de

nutrientes do compartimento atmosférico entre os anos em que foram realizados os trabalhos de Rezende (1998 a 1999) e o presente estudo (2011 a 2012). Além da ocorrência de incêndios, outros fatores relacionados ao regime de chuvas podem estar interferindo nestes valores. É importante mencionar que em 2005 ocorreu um grande incêndio na microbacia do Córrego Pitoco que também foi aferido no trabalho de Silva (2008), mas como este não era o foco de sua pesquisa, os resultados acabaram sendo contabilizados junto com os de anos em que não houve incêndios florestais. Ainda neste ponto, as maiores concentrações de íons geralmente associados com incêndios florestais (NH_4^+ , NO_3^- e SO_4^-) verificadas no presente estudo em relação ao período de 2004 a 2008 (Silva, 2008) podem ser um indicativo da influência do incêndio florestal de 2011 na dinâmica da ciclagem de nutrientes nestas áreas.

Em um total de treze nutrientes avaliados no fluxo de nutrientes em amostras de deposição atmosférica, nove apresentaram maiores concentrações ponderadas no segundo período de transição, Al^{+3} e N-NO_3^- apresentaram maiores no primeiro e Na^+ e Fe^{+2} apresentaram concentrações similares entre estes. Diante destes dados, verifica-se que, com exceção dos íons PO_4^- e Cl^- , as maiores concentrações dos demais nutrientes no compartimento atmosférico no segundo período de transição não foi suficiente para que a concentração nas amostras de água dos córregos refletisse a mesma tendência. Um fator importante neste aspecto é a mais pronunciada regeneração natural da vegetação no segundo período chuvoso, a qual pode estar retendo e utilizando nutrientes advindos da deposição atmosférica e, com isso, diminuindo as concentrações dos nutrientes na água dos córregos.

Incêndios florestais em regiões florestadas da China culminaram em maiores concentrações dos íons cálcio, sulfato, sódio, magnésio e nitrato na porção do córrego que teve área queimada, enquanto a tendência foi inversa para os íons potássio e cloreto. (Yang & Hai-Qing, 2007). As maiores concentrações foram observadas passados dois meses dos incêndios.

Embora outros fatores possam estar influenciando a concentração de nutrientes na água dos córregos, os dados e argumentos acima mencionados corroboram a hipótese inicial de que as maiores concentrações seriam observadas no primeiro período de transição seca-chuva após o incêndio florestal.

A sazonalidade e volume da precipitação acumulada antes da coleta se mostraram relevantes na variação da concentração de nutrientes nas microbacias estudadas. Muitos parâmetros apresentaram maiores valores durante o período das primeiras chuvas em setembro, outubro e novembro. Quanto à intensidade, precipitações anteriores a coleta acima

da média para três dias seguidos proporcionaram maiores variações nas concentrações de nutrientes nos diferentes compartimentos do fluxo.

De acordo com Arcova *et al.* (1985), isto se deve ao acúmulo de aerossóis no compartimento atmosférico durante a estação seca e, conseqüentemente, o carreamento destas partículas para os componentes do fluxo de nutrientes quando se inicia o período chuvoso, processo intensificado quando ocorrem elevadas precipitações. Em estudo sobre o fluxo de nutrientes em área de transição Cerrado–Mata Atlântica, Arcova *et al.* (1985) observaram que todos os nutrientes apresentaram picos de concentração em épocas precedidas por um período seco mais pronunciado. Segundo Schlesinger (1997), grande parte das variações observadas no ciclo de nutrientes depende do regime da precipitação e do fluxo do escoamento superficial.

Os valores dos parâmetros hidrológicos corroboraram com esta tendência, sendo maiores nos períodos chuvosos e apresentando picos quando a precipitação acumulada antes da coleta foi maior do que a esperada. No estudo de Mitre (2011), os maiores valores de profundidade da coluna d'água do Córrego Pitoco foram observados após eventos intensos de chuva.

Eventuais perdas de matéria orgânica e nutrientes em incêndios graves seguidos de precipitações intensas podem ser substanciais (Cromack *et al.*, 2000). No trabalho de Silva (2008), os resultados das coletas realizadas em eventos de chuva implicaram em maiores concentrações para a maioria dos nutrientes analisados, provavelmente devido ao arraste de nutrientes para os córregos. No entanto, para os íons NH_4^+ , Na^+ e SO_4^- , o aumento da vazão proporcionado por precipitações intensas repercutiu na diminuição de suas concentrações em comparação aos valores obtidos em toda a época chuvosa, o que pode ter ocorrido devido à diluição destes na água dos córregos (Pompêo *et al.*, 1997; Moschini-Carlos *et al.*, 1999). No rio Paraíba do Sul, variações temporais na dinâmica dos nutrientes e no funcionamento do ecossistema foram correlacionados à magnitude das vazões (Figueiredo *et al.*, 2011).

Características físico-químicas

Os valores levemente ácidos de pH observados neste estudo foram similares aos encontrados por Moura (2010) e Mitre (2011) e nos Córregos Pitoco e Capetinga, respectivamente. No entanto, houve variações pontuais entre os compartimentos do fluxo e, também, sazonais, com valores oscilando entre 4,0 e 9,0 durante todo o período estudado. Somente no Córrego Taquara, os valores de pH no segundo período de transição seca-chuva

(setembro a dezembro de 2012) foram significativamente maiores do que no primeiro (setembro a dezembro de 2011), o que pode ter ocorrido pela diminuição da concentração de alguns nutrientes naquele período, principalmente dos íons cálcio, magnésio, potássio e sódio.

De acordo com Esteves (2011), o pH de ambientes aquáticos deve variar entre 6,0 e 9,0 para o correto funcionamento dos processos ecossistêmicos nestes locais. Valores de pH menores que 5,5 reduzem o processo de nitrificação, tornando o amônio (NH_4^+) a forma inorgânica de nitrogênio predominante (Bohn *et al.*, 2001), além de promover menor disponibilidade de fósforo (Laurance, 1999). Segundo Carvalho *et al.* (2000), o aumento das chuvas pode elevar o valor do pH pela maior diluição de compostos dissolvidos e escoamento mais rápido.

Nas soluções freáticas, além de possuírem histórico de perturbação por fogo e solos similares, os valores semelhantes de pH das Matas de Galeria dos Córregos Pitoco e Taquara podem ser devidos a trocas sub-superficiais e do fluxo do lençol freático na região (Lima & Zakia, 2004), o que também pode ser aplicado para outros parâmetros avaliados neste estudo em diferentes compartimentos do fluxo de nutrientes.

A condutividade elétrica da água pode fornecer relevantes informações sobre os processos que estão ocorrendo na bacia de drenagem de um córrego (Esteves, 2011). O Córrego Roncador apresentou os maiores valores de condutividade, NO_3^- , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , Fe^{+2} , Si^{+4} e SO_4^- , o que pode ser explicado pelo recebimento de íons de outros tributários (Córregos Pitoco e Monjolo). A condutividade elétrica também pode ser influenciada pelo volume de chuvas (Esteves, 2011), embora variações sazonais significativas somente tenham sido observadas nas amostras de água do Córrego Pitoco e Taquara, com maiores valores no segundo período de transição seca-chuva. Este fato, assim como para o pH, pode ser explicado pela diminuição da concentração de alguns íons neste período.

Durante períodos chuvosos, processos erosivos nas microbacias podem propiciar o aumento dos valores de turbidez em córregos. Variações abruptas nas amostras de água dos Córregos Pitoco e Taquara, no primeiro e segundo períodos chuvosos após o fogo, respectivamente, foram responsáveis pela significativa diferença verificada entre estas e as amostras dos outros córregos, fato que pode ter sido influenciado pelo maior carreamento de partículas do solo para o canal de água em consequência da severidade dos incêndios florestais nestas microbacias.

De acordo com Tavares (2005), maiores valores de turbidez significam menor penetração de luz no ambiente, o que provoca redução do potencial fotossintético e,

conseqüentemente, da produtividade em comunidades aquáticas. Diante disso, incêndios florestais freqüentes podem diminuir a produtividade destes ambientes no decorrer das primeiras chuvas após o evento ou até por períodos maiores. Este fator é menos relevante em córregos de pequeno porte, pois estes mantêm a maior parte de sua produtividade primária pelo incremento de nutrientes advindos da vegetação ripária vizinha (Vannote *et al.*, 1980).

As concentrações de carbono inorgânico dissolvido (CID) apresentaram variação significativa entre córregos, com maiores valores ocorrendo entre setembro e dezembro. De acordo com Ricklefs (2003), o carbono inorgânico circula nos ecossistemas aquáticos através da produção e mineralização da matéria orgânica (principalmente, fotossíntese e respiração); da troca de dióxido de carbono entre a atmosfera e os oceanos, lagos e correntes de água; e na sedimentação de carbonatos. O aumento da concentração de carbonatos e bicarbonatos na atmosfera e nos demais componentes do fluxo, provocada pelos incêndios florestais, pode aumentar a concentração de CID no fluxo de nutrientes. No entanto, a diferença entre os valores obtidos logo após o incêndio (setembro a dezembro de 2011) e no ano posterior (setembro a dezembro de 2012) não foram significativos.

Em estudo na bacia do Ribeirão do Gama, Moura (2008) encontrou maiores valores de alcalinidade em córregos no período chuvoso, o que, segundo o autor, é devido a maior quantidade de íons carbonato e bicarbonato neste período. Nesta linha de raciocínio, alguns estudos apontam um acréscimo do bicarbonato na solução do solo e na água de córregos em decorrência dos incêndios (Chandler *et al.*, 1983).

Conforme observou Moura (2008), a ausência de rochas carbonáticas na região da bacia do Lago Paranoá eleva a importância da deposição atmosférica e dos nutrientes vindos da vegetação na variação do CID e alcalinidade nas microbacias estudadas, o que também pode ser aplicado a concentração observada de outros nutrientes nos componentes do fluxo.

Os valores de oxigênio dissolvido nos córregos foram similares entre microbacias, apresentando variações sazonais somente nos córregos da Reserva do IBGE. Nestes, os maiores valores foram observados no período seco, com boas condições de oxigenação (saturação mediana maior do que 75,8%), tendência também encontrada por Silva (2008) em córregos localizados em áreas rurais do Cerrado e Bello & Guandique (2011) no Rio Ipanema, em área de transição Cerrado - Mata Atlântica.

No Córrego Capetinga, algumas medições no período seco apresentaram valores menores de oxigênio dissolvido do que no período chuvoso, provavelmente devido a diminuição da velocidade da água do córrego causada pelo acúmulo de folhas no canal. De

acordo com Thomas *et al.* (2004), os valores de oxigênio dissolvido observados nos córregos do presente estudo, com saturações acima de 69%, são típicos de nascentes, as quais apresentam fluxos rápidos e heterotrofia relativamente baixa.

Nutrientes

Segundo Attiwil & Adams (1993), o funcionamento dos ecossistemas relaciona-se com a produtividade e a ciclagem de nutrientes. Em ambientes savânicos, estes processos são controlados por interações entre a disponibilidade de água e nutrientes, que, por sua vez, sofrem influência do regime de queimadas e práticas de manejo (Medina, 1987; Sarmiento, 1996; Bustamante *et al.*, 2006; Reatto *et al.*, 2008).

O ciclo do nitrogênio depende de alguns fatores como densidade de plantas lenhosas, frequência de fogo, mudança no uso da terra, deposição de nitrogênio e fixação de nitrogênio (Bustamante *et al.*, 2006) Devido ao fato das savanas serem sistemas limitados pela disponibilidade deste nutriente, uma maior frequência de incêndios florestais pode levar a uma diminuição da produtividade. De acordo com Bustamante *et al.* (2006), queimadas frequentes na região do Cerrado provocam perdas de N no ecossistema, o que culmina na baixa disponibilidade de N no solo.

De maneira geral, os maiores valores de N-NO_3^- foram observados em córregos com áreas atingidas pelo incêndio florestal de 2011. Além disso, este soluto apresentou maiores concentrações no período de transição seca-chuva imediatamente posterior a queimada, o mesmo sendo observado para N-NO_2^- no Córrego Roncador. Foi observada uma redução nos valores de N-NO_3^- entre 76 e 89% nas amostras de água dos Córregos Pitoco e Taquara, respectivamente, considerando o período de transição seca-chuva de 2011 para o mesmo período em 2012. Segundo Stephan *et al.* (2012), boa parte do nitrogênio disponibilizado pelos incêndios pode ser rapidamente utilizado pelas plantas em rebrota, o que pode ser comprovado pela maior concentração de N foliar nestas do que em plantas alocadas em áreas não queimadas.

De acordo com Chandler *et al.* (1983), as primeiras chuvas após um incêndio florestal adicionam bicarbonatos, nitratos, amônio e nitrogênio orgânico em córregos, aumentando suas respectivas concentrações neste processo. Por outro lado, em estudos conduzidos no noroeste dos Estados Unidos, Tiedemann *et al.* (1978) mostraram que a concentração de N-NO_3^- na solução de escoamento superficial aumentou de 500 a 1900% na primavera logo após ao fogo, enquanto que na primavera seguinte, estes valores aumentaram de 3000 a 10000%.

Após este período, os valores voltaram aos níveis pré-fogo. O contraste entre estes resultados pode ser explicado pelo fato da ciclagem de nutrientes em ambientes temperados ser realizada mais lentamente, variando conforme as estações do ano (Chandler *et al.*, 1983). No entanto, em estudo realizado na mesma região, Stephan *et al.* (2012) encontrou elevadas concentrações de nitrogênio no primeiro período de crescimento após o fogo.

Além disso, as concentrações e fluxos de N-NH_4^+ e N-NO_3^- nas amostras de deposição atmosférica foram bem superiores as encontradas por Silva (2008), o que pode indicar um acúmulo destes solutos na atmosfera em decorrência dos incêndios florestais (Resende, 2001). De acordo com Parron (2004), a deposição atmosférica de nitrogênio contribui com parcela importante da disponibilidade deste nutriente nos solos. Já na bacia do Rio Piracicaba, Krusche *et al.* (2003) relataram que a concentração de nitrogênio nos compartimentos do fluxo é mais influenciada por águas residuais do que pela deposição úmida,

Na água de Córregos, os valores de amônio encontrados no presente estudo foram similares e em alguns casos até maiores do que os observados em córregos e rios do bioma amazônico (Forti *et al.*, 2000; Leite, 2004; Markewitz *et al.*, 2004; Neill *et al.*, 2006). Este resultado pode ser derivado da influência do incêndio florestal de 2011, tendo em vista que a quantidade de nutrientes na Amazônia é maior do que no Cerrado (Haridasan, 2000).

Com exceção da água do Córrego Capetinga, os maiores valores de nitrato foram observados no período chuvoso, diferentemente do encontrado por Feller (1981) e Arcova *et al.* (1985). Já Silva (2008) não observou diferença sazonal na concentração dos íons NH_4^+ , NO_2^- e NO_3^- em córregos presentes em áreas naturais do Distrito Federal. De acordo com Arcova *et al.* (1985), no período chuvoso (época mais quente) ocorre um aumento da absorção biológica do nitrogênio, o que culmina em diminuição da concentração de nitrato na água que drena a bacia. Porém, como os pontos de coleta escolhidos foram próximos das nascentes dos respectivos córregos, o que implica em pouca atividade biológica, e a presença de cobertura vegetal auxilia na estabilização da temperatura dos córregos, a influência da sazonalidade sobre a absorção biológica do nitrogênio parece não ser relevante, ao contrário da ocorrência de incêndios florestais.

A repartição das formas inorgânicas de nitrogênio dentre os componentes do fluxo parece não ter sido alterada significativamente após o incêndio florestal, com N-NH_4^+ sendo a forma predominante em todos os componentes, o que também foi observado nos trabalhos de Resende (2001), Parron (2004) e Silva (2008) na área do Córrego Pitoco.

O fogo pode alterar substancialmente a forma e a distribuição de cátions nos

compartimentos do fluxo de nutrientes, facilitando o escoamento e lixiviação destes solutos (Chandler *et al.*, 1983). De acordo com Markewitz *et al.* (2001), predominantemente, cátions e bicarbonato são liberados das camadas superficiais do solo pela ação das chuvas, ao invés de serem produtos do intemperismo e transportados pelo fluxo subterrâneo. Neste estudo, embora a análise entre períodos de transição seca-chuva sinalize alterações na concentração destes nutrientes em córregos, as quais podem estar relacionadas à ocorrência de incêndios florestais, não foi possível encontrar uma tendência similar nos demais componentes do fluxo.

De acordo com Chandler *et al.* (1983), cátions tem exibido uma grande variabilidade de respostas em função dos incêndios florestais, o que dificulta a predição dos efeitos do fogo sobre a concentração destes em cursos d'água. No entanto, este autor relata que as concentrações de Ca^{+2} e Mg^{+2} em córregos foram maiores logo após a passagem de fogo em uma bacia hidrográfica, sendo que a partir deste ponto os valores apresentaram quedas contínuas (cerca de 40%) até o segundo ano pós-fogo, o que corrobora com os resultados apresentados neste estudo. De acordo com Markewitz *et al.* (2011), alterações na cobertura vegetal e no uso da terra são mais importantes do que a sazonalidade da precipitação na variação do fluxo de cálcio.

Em estudo realizado na Amazônia com um horizonte temporal maior, Neu (2005) encontrou maiores concentrações de Ca^{+2} , Mg^{+2} e Na^{+} em microbacias com floresta primária em comparação a áreas perturbadas por mudança no uso da terra e queimadas. Em geral, as concentrações de cátions observadas no presente estudo são menores do que as verificadas na Amazônia (Markewitz *et al.*, 2004; Neill *et al.*, 2006;), possivelmente devido a maior quantidade de nutrientes neste bioma em comparação ao Cerrado (Haridasan, 2000).

Nas amostras de água dos Córregos, a maior concentração de potássio em relação a obtida outros estudos (Parron, 2004; Silva 2008) pode ser um indicativo das alterações provocadas pelos freqüentes incêndios que vem ocorrendo nas áreas de estudo. No entanto, nos demais componentes de fluxo esta tendência não foi observada.

Os solos da região de estudo geralmente apresentam baixa concentração de nutrientes e alta acidez (Silva Júnior, 1995), o que pode estar interferindo no processo de ciclagem de nutrientes após os incêndios. De acordo com Lira (2012), o solo da Mata de Galeria do Córrego Pitoco apresentou maiores concentrações de cálcio, potássio e N-NO_3^- após o incêndio ocorrido em 2011, mostrando que uma parte das cinzas resultantes dos incêndios está sendo adsorvida rapidamente pelas camadas superficiais do solo.

Além disso, a variação na concentração de íons alumínio, ferro e silício em diferentes

componentes do fluxo pode estar sendo influenciada pela liberação destes íons na solução do solo após reações de troca e o intemperismo das rochas (Schlesinger, 1997), o que também foi observado por Moura (2010).

As concentrações dos ânions cloreto, sulfato e fosfato apresentaram pouca variação entre microbacias, mas, entre períodos de transição seca-chuva, cloreto e fosfato apresentaram comportamento distinto dos demais nutrientes, com maiores valores ocorrendo no segundo período de transição, indicando que a completa disponibilização destes solutos após incêndios florestais pode demandar mais tempo. Em algumas florestas temperadas esta tendência também é observada, embora os motivos para isso sejam notoriamente relacionados ao clima (Chandler *et al.*, 1983). Estes autores relatam que estudos sobre os efeitos dos incêndios florestais na ciclagem de nutrientes em florestas temperadas têm demonstrado que a maioria dos nutrientes apresenta maiores concentrações nos períodos de transição seca-chuva e chuvoso posteriores ao incêndio, isto é, após um ano do distúrbio.

A maioria das concentrações de Cl^- , SO_4^- e PO_4^- verificadas no presente estudo foram maiores do que as observadas por Silva (2008) em microbacias naturais. A variação das concentrações de cloreto e sulfato pode estar relacionada diretamente ao grau de perturbação de uma área, sendo que quanto maior os valores, maior o grau de perturbação (Biggs *et al.*, 2004; Leite, 2004; Ometto *et al.*, 2000; Silva, 2008). No entanto, Arcova *et al.* (1985) relatam que áreas próximas a costa marinha exibem concentrações dos íons Cl^- e Na^+ fortemente influenciadas pela presença destes solutos no compartimento atmosférico.

As menores concentrações de PO_4^- entre todos os íons analisados neste estudo também foi observada por Rezende (2001), Parron (2004) e Silva (2008), pode ser explicada pela pouca disponibilidade deste nutriente nos solos do Cerrado (Haridasan, 2000; Lilienfein, 2000). Além disso, a rápida fixação do fósforo ao solo, por intermédio da ligação com o alumínio e ferro (Leite, 2004), indica que este soluto, liberado pela queima da biomassa, pode estar sendo rapidamente adsorvido ao solo antes de ser lixiviado.

Os valores de PO_4^- nas águas de córregos e na solução freática foram maiores do que os observados em estudos realizados na Reserva do IBGE (Parron, 2004; Silva, 2008;), o que pode indicar a liberação deste nutriente após o incêndio florestal de 2011, considerando que seu fluxo via deposição atmosférica foi menor do que o observado nos estudos citados. De acordo com Chandler *et al.* (1983), incêndios florestais podem acelerar a mobilização de fósforo no ambiente.

Considerações finais

As Matas de Galeria são muito importantes para a conservação do Cerrado, exercendo diversas funções ecossistêmicas como proteção de nascentes e cursos d'água, controle da erosão edáfica, tamponamento e filtragem de sedimentos, substâncias químicas e nutrientes, entre outras (Lowrance *et al.*, 1984; Barling & Moore, 1994). De acordo com Delitti (1995), as estimativas dos estoques de nutrientes nos compartimentos do fluxo e a transferência entre eles podem refletir estratégias das comunidades frente a distúrbios ambientais. Incêndios florestais nestes ambientes vêm causando alterações na regulação do fluxo de água e nutrientes em bacias hidrográficas, o que é corroborado com os resultados deste estudo (Fonseca *et al.*, 2001).

Problemas referentes à ocupação desordenada do território e a degradação ambiental, principalmente os ocasionados pelo fogo, tem sido comuns nas bacias hidrográficas do Distrito Federal, o que tem influenciado negativamente a qualidade da água na bacia do Lago Paranoá como um todo (Moura, 2010). Os resultados deste estudo mostram que a frequência de incêndios florestais nas áreas de estudo tem sido alta, o que está interferindo na dinâmica de nutrientes das microbacias e alterando a qualidade da água.

Segundo Pereira (2006), a fiscalização não tem sido suficiente para impedir ou minimizar este processo, o que implica na necessidade de adotar novas medidas preventivas para conter o avanço das queimadas sobre as áreas naturais do Distrito Federal, principalmente em um cenário de mudanças climáticas.

De acordo com o relatório do IPCC (2007), muitos ecossistemas tropicais estão seriamente ameaçados pelas mudanças climáticas, principalmente em decorrência do aumento da temperatura e alterações no regime de chuvas. Na região do Cerrado, a tendência é que ocorra a diminuição do período chuvoso e da quantidade de chuvas anual, com aumento de eventos de chuva intensa. Com isso, a região pode tornar-se mais árida, o que poderia aumentar a ocorrência de incêndios florestais incontroláveis.

Diante deste quadro, variações no fluxo de nutrientes em bacias hidrográficas poderiam ser intensificadas, causando alterações no funcionamento dos ecossistemas e sérias implicações para a conservação do Cerrado.

Com os resultados obtidos é possível verificar a necessidade de: adoção de ações preventivas com o intuito de conter a elevada frequência de incêndios florestais observada nas áreas naturais estudadas; e a elaboração de pesquisas de médio e longo prazo que tenham como foco os efeitos dos incêndios florestais sobre as bacias hidrográficas do Cerrado, a fim

de obter informações suficientes para gerar modelos que ajudem a prever impactos, principalmente em um cenário de mudança climática, além de direcionar políticas públicas para a conservação do bioma.

7. CONCLUSÕES

Com relação às hipóteses formuladas no início do presente trabalho, conclui-se que:

1. Embora algumas variáveis tenham apresentado maiores valores em áreas com maior porcentagem de respectiva área de contribuição atingida pelo incêndio florestal de 2011, não foi possível detectar um padrão entre os parâmetros físico-químicos e nutrientes avaliados, o que pode ter acontecido em função da proximidade das áreas, do histórico similar de ocorrência de incêndios florestais e da diferença entre o início da coleta entre as microbacias.

2. Com exceção dos íons fosfato e cloreto, os demais nutrientes apresentaram maiores concentrações logo após o incêndio, no período de transição seca-chuva, do que no mesmo período do ano subsequente, provavelmente em virtude do acúmulo de cinzas na superfície do solo e deposição de aerossóis do compartimento atmosférico que foram lixiviados para o canal de água.

3. Grande parte dos nutrientes apresentou forte variação sazonal, com maiores valores ocorrendo no final do período seco. No entanto, relativamente poucas diferenças significativas entre os períodos seco e chuvoso foram observadas. Outros fatores que podem ser importantes neste processo são o fluxo de nutrientes na deposição atmosférica (que é influenciada pela ocorrência de incêndios florestais); composição e interação deste com o solo; e o volume de chuvas anterior a coleta

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA (Agência Nacional de Águas). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2012**. Brasília : ANA, 2012. 112 p.

Arcova, F.C.S.; Cicco, V.; Lima, W.P. Balanço dos nutrientes Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+ e NO_3^- em bacia hidrográfica experimental com vegetação natural do Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Cunha – SP. **IPEF**, n.31, p.61-67, 1985.

Attiwill, P.M.; Adams, M.A. Nutrient cycling in forests. **New Phytologist**, v.124, p.561-582, 1993.

Barling, R.D.; Moore, I.D. Role of buffer strips in management of waterway pollution: a review. **Environmental Management**, v.18, p.543-558, 1994.

Barros, M. G. **Regeneração natural de espécies lenhosa e suas correlações com fatores ambientais na Mata de Galeria do Córrego Pitoco**. Brasília, 2007. 154p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade de Brasília, UnB.

Batmanian, G.J. **Efeitos do fogo sobre a produção primária e a acumulação de nutrientes no estrato rasteiro de um cerrado**. Brasília, 1983. 59f. Dissertação (mestrado em Ecologia). Universidade de Brasília, UnB.

Bello, F.H.; Guandique, M.E.G. Diagnóstico ambiental do meio aquático do Rio Ipanema, Sorocaba/SP. **Holos Environment**, v.11, n.2, p.94-105, 2011.

Biggs, T.W.; Dunne, T.; Martinelli, L.A. Natural controls and human impacts on stream nutrient concentrations in a deforested region of the Brazilian Amazon basin, **Biogeochemistry**, v.68, p.227–257, 2004.

Bohn, H.L.; Mcneal, B.L.; O'Connor, G. A. **Soil Chemistry**. New York: John Wiley and Sons, 2001. 307p.

Bustamante, M.M.C.; Medina, E.; Asner, G.P. Nardoto, G.B.; Garcia-Montiel, D.C.; Nitrogen cycling in tropical and temperate savannas. **Biogeochemistry**, v.79, p.209-237, 2006.

Carvalho, A.R.; Schlittler, F.H.M.; Tornisielo, V.L. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. **Química Nova**, v.23, n.5, p.618-622, 2000.

Cavalcanti, L.H. **Efeitos das cinzas resultantes da queimada sobre a produtividade do estrato herbáceo subarbustivo do cerrado de Emas**. São Paulo, 1978. 219f. Tese (doutorado em Ciências). Universidade de São Paulo, USP.

Cavedon, D.S.; Sommer, S. **Jardim Botânico de Brasília: levantamento**

semidetalhado dos solos. Brasília: FZDF, 1990. 95p.

Chandler, C.; Cheney, P.; Thomas, P.; Trabaud, L.; Williams, D. **Fire in Forestry.** New York: Wiley, 1983. 450p. (v. 1).

Chaves, D.M.; Ribeiro, C.A.A.S.; Rubert, O.A.V. Um novo divisor de águas na geração de modelos digitais de elevação hidrológicamente consistente. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS*, 13, 1999. **Anais...** Belo Horizonte: SBRH, 1999.

Clesceri, L.S.; Greenberg, A.E.; Eaton, A.D. (eds.). **Standard methods for the examination of water and wastewater.** Baltimore: United Book Press, 1999. p. 3-63; 3-65; 3-82; 3-83; 3-87; 3-89.

Costa, E.P.; Fiedler, N.C.; Medeiros, M.B.; Wanderley, F.B. Incêndios florestais no entorno de unidades de conservação – estudo de caso na Estação Ecológica de Águas Emendadas, Distrito Federal. **Ciência Florestal**, v.19, n.2, p.195-206, 2009.

Cromack Jr., K.; Landsberg, J.D.; Everett, R.L.; Zeleny, R.; Giardina, C.P.; Strand, E.K.; Anderson, T.D.; Averill, R.; Smyrski, R. Assessing the impacts of severe fire on forest ecosystem recovery. *Journal of Sustainable Forestry*, v.11, n.1-2, p.177-228, 2000.

CRS/IBAMA. **Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite:** monitoramento do bioma Cerrado, 2009-2010. Brasília: MMA/IBAMA/PNUD, 2011. 65p. (Acordo de cooperação técnica MMA/IBAMA).

Delarze, R.; Caldelari, D.; Hainard, P. Effects of fire on forest dynamics in southern Switzerland. **Journal of Vegetation Science**, v.3, n.1, p.55-60, 1992.

Delitti, W.B.C. Estudos de ciclagem de nutrientes: instrumentos para a análise funcional de ecossistemas terrestres. *In: Esteves, F.A. (ed.). Estrutura, funcionamento e manejo de ecossistemas brasileiros.* Rio de Janeiro: UFRJ, 1995. p.469-486. (Série Oecologia Brasiliensis, vol.1).

Dias, B.F. (org.). **Alternativas de desenvolvimento dos cerrados:** manejo e conservação dos recursos naturais renováveis. Brasília: Funatura, 1992.

Dias, I.F.O. **Efeitos da queima no regime térmico do solo e na produtividade primária de um campo limpo de Cerrado.** Brasília, 1994. 69p. Dissertação (mestrado em Ecologia). Universidade de Brasília, UnB.

Embrapa. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa-SPI, 2006. 306p.

Esteves, F.A. **Fundamentos da limnologia.** 3.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

790p.

Felfili J.M.; Mendonça, R.C.; Walter, B.M.T.; Silva Júnior, M.C.; Nóbrega, M.G.G., Fagg, C.W.; Sevilha, A.C.; Silva, M.A. Flora fanerogâmica das matas de galeria e ciliares do Brasil Central. *In*: Ribeiro, J.F.; Fonseca, C.E.L.; Souza-Silva, J.C. (eds.). **Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria**. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2001. p.195-263.

Felfili, J.M. Growth, recruitment and mortality in the Gama Gallery forest in Central Brazil over six year period (1985-1991). **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v.11, n.1, p.67-83, 1995.

Felfili, J.M.; Filgueiras, T.S.; Haridasan, M.; Silva Júnior, M.C.; Mendonça, R.; Rezende, A. V. 1994. Projeto biogeografia do bioma Cerrado: vegetação e solos. **Cadernos de Geociências do IBGE**, v.12, p.75-166, 1994

Feller, M.G. Catchment nutrient budgets and geological weathering in *Eucalyptus regnans* ecosystems in Victoria. **Australia Journal of Ecology**, v.6, p.65-77, 1981.

Fiedler, N.C.; Azevedo, I.N.C.; Rezende, A.V.; Medeiros, M.B.; Venturoli, F. Efeito de incêndios florestais na estrutura e composição florística de uma área de Cerrado *sensu stricto* na Fazenda Água Limpa-DF. **Revista Árvore**, v.28, p.129-138, 2004.

Figueiredo, R.O.; Ovalle, A.R.C.; Rezende, C.E.; Martinelli, L.A. Carbon and nitrogen in the lower basin of the Paraíba do Sul River, Southeastern Brazil: element fluxes and biogeochemical processes. **Ambi-Água**, v.6, n.2, p.7-37, 2011.

Fonseca, C.E.; Ribeiro, J.F.; Souza, C. C.; Rezende, R.P.; Balbino, V.K. Recuperação da vegetação de matas de galeria: estudos de caso no Distrito Federal e entorno. *In*: Ribeiro, J.F.; Fonseca, C.E.; Sousa-Filho, J.C. (eds.). **Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. p.815-870.

Forti, M.C.; Boulet, R.; Melfi, A.J.; Neal, C. Hydrogeochemistry of small catchment in northeastern Amazonia: a comparison between natural with deforestation parts of the catchment (Serra do Navio, Amapá State, Brazil). **Water, air, and soil pollution**, v. 118, p. 263-279, 2000.

França, H.; Ramos Neto, M.B.; Setzer, A. **O fogo no Parque Nacional das Emas**. Brasília: MMA, 2007.

Franco, A.C. Ecophysiology of woody plants. *In*: Oliveira, P. S.; Marquis, R. J. (eds.). **The cerrados of Brazil**. New York: Columbia University Press, 2002. p.178-197.

Furley, P.A. Notes on the soils and plant communities of Fazenda Água Limpa

- (Brasília, DF, Brasil). **University of Edinburgh Occasional publications**, v. 5, p.138, 1985.
- Haridasan, M. Nutrição mineral de plantas nativas do Cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.12, p.54-64, 2000.
- Hoffmann, W.A.; Orthen, B.; Nascimento, P.K.V. Comparative fire ecology of tropical savanna and forest trees. **Functional ecology**, v.17, p.720-726, 2003.
- IBGE. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Reserva Ecológica do IBGE: ambiente e plantas vasculares**. Rio de Janeiro : IBGE, 2004. 70p. (Estudos e pesquisas. Informação geográfica, n.3).
- IPCC. **Climate Change: the IPCC synthesis report**. London: Cambridge, 2007.
- Klink, C. A.; Miranda, H. Gonzales, I.; Vicentinni, K. O Bioma Cerrado. *In*: Seeliger, U.; Cordazzo, C.; Barbosa, F. (orgs.). **Os sites e o programa brasileiro de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração**. Porto Alegre: UFMG/FUFRGS, 2002. p. 51-68.
- Krusche, A.V.; Camargo, P.B. Cerri, C.E.; Ballester, M.V.; Lara, L.B.L.S.; Victoria, R.L.; Martinelli, L.A. Acid rain and nitrogen deposition in a sub-tropical watershed. (Piracicaba): ecosystem consequences. **Environmental Pollution**, v.121, p.389-399, 2003.
- Laurance, W.F.; Fearnside, P.M.; Laurance, S.G.; Delamonica, P.; Lovejoy, T.E.; Rankin-de-Merona, J.; Chambers, J.Q.; Gascon, C. Relation between soils and Amazon Forest biomass: a landscape-scale study. **Forest Ecology and Management**, v.118, n.1-3, p.127-138, 1999.
- Leite, N.K. **A biogeoquímica do Rio Ji-Paraná**, Rondônia. Piracicaba, 2004. 66p. Dissertação (mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz / Universidade de São Paulo, Esalq-USP.
- Leite, N.K. **Fluxo de nutrientes em um fragmento de mata ciliar no estado de Rondônia, Brasil**. Piracicaba, 2011. 136p. Tese (doutorado em química na agricultura e no ambiente). Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo, CENA-USP.
- Lilienfein, J. Chemical fractionation of phosphorus, sulphur, and molybdenum in Brazilian savannah Oxisols under different land use. **Geoderma**, v.96, p.31-46, 2000.
- Lima W.P. Função hidrológica da mata ciliar. *In*: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, I, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Fundação Gargill, 1989. p.25-42.
- Lima, J.E.F.W.; Silva, E.M. Estimativa da produção hídrica superficial do Cerrado brasileiro. *In*: Scariot, A.; Sousa-Silva, J. C.; Felfili, J. M. (orgs.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: MMA. 2005.

Lima, W.P.; Zakia, M.J.B. Hidrologia de matas ciliares. *In*: Rodrigues, R.R.; Leitão Filho, H.F. (eds.). **Matas ciliares**: conservação e recuperação. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2004. p.33-44.

Lira, G.T.R. **Diversidade em comunidades bacterianas de solos de Matas de Galeria do Cerrado**. Brasília, 2012. 142p. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Universidade de Brasília, UnB.

Lowrance R.; Todd R.; Fail Junior J.; Heindrickson Junior O.; Leonard R.; Asmussen L. Riparian forests as nutrient filters in agriculture watersheds. **BioScience**, v.34, p.374-377, 1984.

Markewitz, D.; Davidson, E.A.; Figueiredo, R.O.; Victoria, R.L. Krusche, A.V. Control of cation concentrations in stream waters by surface soil processes in an Amazonian watershed; **Nature**, v.410, n.12, p.802-805, 2001.

Markewitz, D.; Davidson, E.; Moutinho, P.; Nepstad, D. Nutrient loss and redistribution after forest clearing on a highly weathered soil in Amazonia. **Ecological Applications**, v.14, p.177-199, 2004.

Markewitz, D.; Lamon, E.C.; Bustamante, M.M.C.; Chaves, J. Figueiredo, R.O.; Johnson, M.S.; Krusche, A.; Neill, C.; Silva, J.S.O. Discharge–calcium concentration relationships in streams of the Amazon and Cerrado of Brazil: soil or land use controlled. **Biogeochemistry**, v.105, p.19-35, 2011.

Markewitz, D.; Resende, J.C.F.; Parron, L.; Bustamante, M.M.C; Klink, C.A.; Figueiredo, R.O.; Davidson, E.A. Dissolved rainfall inputs and streamwater outputs in an undisturbed watershed on highly weathered soils in the Brazilian Cerrado. **Hydrological Processes**, v.20, p.2615-2639, 2006.

Mcallister, M.; Snoeyink, J. Extracting Consistent Watersheds From Digital River And Elevation Data. *In*: ASPRS/ACSM ANNU. CONF, 1999. Canadá. **Proceedings...** Canadá: University of British Columbia, 1999.

McClain, M.E.; Bilby, R.E.; Triska, F.J. Nutrient cycles and responses to disturbance. *In*: Naiman, R.J.; Bilby, R.E. (eds.). **River ecology and management**: lessons from the Pacific coastal ecoregion. New York: Springer, 2011. p.347-372.

Medina E. Nutrients: requirements, conservation and cycles of nutrients in the herbaceous layer. *In*: Walker, B.H. (ed.). **Determinants of tropical savannas**. UK: IR Press, Oxford, 1987. p.39-65.

Meirelles, M.L.; Klink, C.A.; Sousa-Silva, J.C. Un modelo de estados e transiciones

para el cerrado brasileño. **Ecotropicos**, v.10, p.45-50, 1997.

Minshall, G.W.; Brock, J.T.; Varley, J.D. Wildfires and Yellowstone's stream ecosystems. **BioScience**, v.39, n.10, p.707-715, 1989.

Miranda, H.S., Bustamante, M.; Miranda, A.C. The fire factor. *In*: Oliveira, P. S.; Marquis, R. J. (eds.). **The cerrados of Brazil**. New York: Columbia University Press, 2002, p.51-68.

Miranda, H.S.; Neto, W.N.; Neves, B.M.C. Caracterização das queimadas de Cerrado. *In*: Miranda, H.S. (org.). **Efeitos do regime de fogo sobre a estrutura de comunidades de Cerrado: Projeto Fogo**. Brasília: IBAMA 2010. p.22-33

Miranda, H.S.; Sato, M.N.; Andrade, S.M.A.; Haridasan, M.; Morais, H.C. Queimadas de Cerrado: caracterização e impactos. *In*: Aguiar, L.M.S.; Camargo, A.J.A. (eds.). **Cerrado: ecologia e caracterização**. Brasília: Embrapa, 2004. p. 69-124.

Mitre, S. K. **Decomposição de detritos foliares alóctones e dinâmica de nutrientes em sistema lótico no Cerrado**. Brasília, 2011. 107p. Dissertação (mestrado em Ecologia). Universidade de Brasília, UnB.

Moschini-Carlos, V.; Pompêo, M.L.M.; Henry, R. Dinâmica da comunidade perifítica na zona de desembocadura do rio Paranapanema, represa do Jurumirim, SP. *In*: Henry, R. (ed.). **Ecologia de reservatórios: Estrutura, função e aspectos sociais**. Botucatu: FUNDIBIO/FAESP, 1999. p. 690-734.

Moura, L.N.A. **Indicadores de qualidade do solo e da água em áreas de preservação permanente de uma microbacia do Ribeirão do Gama, Distrito Federal**. Brasília, 2010. 130p. Dissertação (mestrado em Agronomia). Universidade de Brasília, UnB.

Moura, L.H.A. **Estudo geoquímico da bacia do gama e avaliação da qualidade de água**. Brasília, 2008. 129p. Dissertação (mestrado em geociências). Universidade de Brasília, UnB.

Myers, N.; Mittermeier, R.A.; Mittermeier, C.G.; Fonseca, G.A.B.; Kent, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v.403, p.853-858, 2000.

Nardoto, G.B. **Efeito de queimadas na mineralização de nitrogênio e em processos de ciclagem de nutrientes em uma área de Cerrado *sensu stricto***. Brasília, 2000. 89f. Dissertação (mestrado em Ecologia). Universidade de Brasília, UnB.

Neill, C.; Deegan, L.A.; Thomas, S.M.; Hauptert, C.L.; Krusche, A.V.; Ballester, V.M.; Victoria, R.L; Deforestation alters the hydraulic and biogeochemical characteristics of small lowland Amazonian streams. **Hydrological Processes**, v. 20, p.2563-2580, 2006.

Neu, V. **Influência da cobertura vegetal na ciclagem denutrientes via solução do solo na região de Manaus – AM.** Universidade de São Paulo. Dissertação de Mestrado. 110p. 2005.

Oliveira, M.C. **Vinte e quatro anos de sucessão vegetal na Mata de Galeria do Córrego Capetinga, na Fazenda Água Limpa, Brasília, Brasil: 1983-2007.** Brasília, 2010. 174p. Tese (doutorado em Ciências Florestais). Universidade de Brasília, UnB.

Ometto, J.P.H.B.; Martinelli, L.A.; Ballester, M.V.; Gessner, A.; Krusche, A.V.; Victoria, R.L.; Williams, M. Effects of land use on water chemistry and macroinvertebrates in two streams of the Piracicaba river basin, south-east Brazil. **Freshwater Biology**, v.44, p.327-337, 2000.

Parca, M.L.S. **Fitossociologia e sobrevivência de árvores na mata de galeria do córrego Pitoco, Reserva Ecológica do IBGE, DF, em 2006, após dois incêndios (1994 e 2005).** Brasília, 2007. 84p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade de Brasília, UnB.

Parron, L.M. **Aspectos da ciclagem de nutrientes em função do gradiente topográfico, em uma Mata de Galeria no Distrito Federal.** Brasília, 2004. 203p. Tese (Doutorado em Ecologia). Universidade de Brasília, UnB.

Pereira, L.P. **Avaliação econômica do uso do lago Paranoá para atividades recreacionais.** Brasília, 2006. 181f. Dissertação (mestrado em Ciências). Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, UnB.

Pompêo, M.L.M.; Henry, R.; Moschini-Carlos, V.; Padovani, C.R. A influência da macrófita aquática *Echinochloa polystachya* (H.B.K.) Hitchcock nas condições físicas e químicas da água na zona de desembocadura do rio Paranapanema na represa de Jurumirim - SP. **Revista Brasileira de Ecologia**, v.1, n.2, p.44-53, 1997.

Ramos, A.E.; Nóbrega, M.G.G.; Cardoso, E.S. Vegetação, flora e unidades de conservação na bacia do Lago Paranoá. *In*: Fonseca, F.O. (coord.). **Olhares sobre o lago Paranoá.** Brasília: SEMARH, 2002. (Cap. 4).

Ramos-Neto, M.B.; Pivello, V.R. Lightning fires in a Brazilian savanna national park: rethinking management strategies. **Environmental Management**, v.26, p.675-684, 2000.

Reatto, A.; Correia, J.R.; Spera, S.T.; Martins, E.S. Solos do bioma Cerrado: aspectos pedológicos. *In*: Sano, S.M; Almeida, S.P.; Ribeiro, J.F. (eds.). **Cerrado: ambiente e flora.** Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 2008. p.107-149

Rezende, J.C.F. **A ciclagem de nutrientes em áreas de Cerrado e a influência de**

queimadas controladas. Brasília, 2001. 138p. Tese (doutorado em Ecologia). Universidade de Brasília, UnB.

Ribeiro, J.F.; Walter, B.M.T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. *In:* Sano, S.M.; Almeida, S.P.; Ribeiro, J.F. **Cerrado: Ecologia e Flora.** Brasília: Embrapa, 2008. p.151-212.

Ribeiro, M. L. (org.). **Reserva Ecológica do IBGE - Biodiversidade Terrestre.** 2.v. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. 302p. (Tomo 1).

Richey, J.E.; Wilhelm, S.R.; McClain, M.E.; Victoria, R.L.; Melack, J.M.; Lima, A.C. Organic matter and nutrient dynamics in river corridors of the Amazon basin and their response to anthropogenic change. **Ciência e Cultura J Braz. Assoc. Adv. Sci.**, v.49, p.98–110, 1997.

Ricklefs, R.E. **A Economia da Natureza.** (5 ed.). Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. 503p.

Salles, A.E.H. (org.). **Jardim Botânico de Brasília: diversidade e conservação.** Brasília: SAJBB, 2007. 355p.

Santiago, J.; Silva Júnior, M.C.; Lima, L. Fitossociologia da regeneração arbórea na mata de galeria do Pitoco (IBGE-DF), seis anos após fogo acidental. **Scientia Forestalis**, v.67, p.64-77, 2005.

Santos, A.J.B.; Silva, G.T.D.A.; Miranda, H.S.; Miranda, A.C.; Lloyd, J. Effects of fire on surface carbon, energy and water vapour fluxes over *campo sujo* savanna in central Brazil. **Functional Ecology**, v. 17, p.711-719, 2003.

Santos, N.A.; Hoffman J.; Roosevelt, A.; Chaves, F.T.; Fonseca, C.E.L. Análise socioeconômica da interação entre a sociedade e a Mata de Galeria: implicações para a formulação de políticas públicas. *In:* Ribeiro, J.F.; Fonseca, C.E.L.; Souza-Silva, J.C. (eds.). **Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria.** Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2001. p.691-732.

Sarmiento, G. Ecologia de pastizales y sabanas en America Latina. *In:* Sarmiento, G.; Cabido, M. (eds.). **Biodiversidad y Funcionamiento de Pastizales y Sabanas em América Latina.** Venezuela: CYTED/CIELAT, 1996. p.37-58.

Sato, M.N.; Miranda, H.S.; Maia, J.M.F. O fogo e o estrato arbóreo do Cerrado: efeitos imediatos e de longo prazo. *In:* Miranda, H.S. (org.). **Efeitos do regime do fogo sobre a estrutura de comunidade de cerrado: resultados do Projeto Fogo.** Brasília: IBAMA, 2010. p.77-91.

Schlesinger, W.H. **Biogeochemistry: an analysis of global change**. 2. ed. London: Academic Press, 1997. 588p.

SEBRAE-DF. **A questão ambiental no Distrito Federal**. 2. ed. Brasília: SEBRAE, 2007. 160p.

Sevilha, A.C. **Composição e estrutura da Mata de Galeria do Capetinga, na Fazenda Água Limpa, Brasília, DF, dez anos após um incêndio acidental**. Brasília, 1999. 122f. Dissertação (mestrado em botânica). Universidade de Brasília, UnB.

Silva Júnior, M.C. Comparação entre Matas de Galeria no Distrito Federal e efetividade do Código Florestal na proteção de sua diversidade arbórea. **Acta Botânica Brasilica**, v.15, p.139-145, 2001.

Silva Júnior, M.C. Fitossociologia e estrutura diamétrica da Mata de Galeria do Taquara, na Reserva Ecológica do IBGE, DF. **R. Árvore**, v.28, n.3, p.419-428, 2004.

Silva Júnior, M.C. **Tree communities of the gallery forests of the IBGE Ecological Reserve, Federal District, Brazil**. Edinburgh, 1995. 257p. Tese (pós-doutorado). University of Edinburgh, UE.

Silva Júnior, M.C.; Sarmiento, T.R. Comunidades lenhosas no Cerrado sentido restrito em duas posições topográficas na Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília, DF, Brasil. **Rodriguésia**, v. 60, n. 2, p. 277-294, 2009.

Silva, J.C. **Diagnóstico das áreas de maior incidência de incêndios florestais em unidades de conservação pertencentes a APA do Gama e Cabeça de Veado, Brasília-DF**. Brasília, 2001. 59p. Dissertação (mestrado em Ciências Florestais). Universidade de Brasília, UnB.

Silva, J.S.O. **Características químicas da água de Córregos do Distrito Federal sob diferentes usos e coberturas do solo**. Brasília, 2008. 153p. Tese (doutorado em Ecologia). Universidade de Brasília, UnB.

Silva, L.C.R.; Sternberg, L.; Haridasan, M.; Hoffmann, W.A.; Miralles-Wilhelm, F.; Franco, A.C. Expansion of gallery forests into central Brazilian savannas. **Global Change Biology**, v.14, p.2108-2118, 2008.

Stephan, K.; Kavanagh, K.L.; Koyama, A. Effects of spring prescribed burning and wildfires on watershed nitrogen dynamics of central Idaho headwater areas. **Forest Ecology and Management**, v.263, p.240–252, 2012.

Tavares, A. R. **Monitoramento da qualidade das águas do rio Paraíba do Sul e diagnóstico de conservação**. São José dos Campos, 2005. 176p. Dissertação (mestrado).

Instituto Tecnológico de Aeronáutica, ITA.

Thomas, M.S. Neill, C.; Deegan, L.A.; Krusche, A.V.; Ballester, V.M.; Victoria, R.L. Influences of land use and stream size on particulate and dissolved materials in a small Amazonian stream network. **Biogeochemistry**, v.68, p.135–151, 2004.

Tiedemann, A.R.; Helvey, J.D.; Anderson, T.D. Stream chemistry and watershed nutrient economy following wildfire and fertilization in eastern Washington. **Journal of Environmental Quality**, v.7, p.580-588, 1978.

Unesco. **Subsídios ao zoneamento da APA Gama-Cabeça de Veado e Reserva da Biosfera do Cerrado: caracterização e conflitos socioambientais**. Brasília: Unesco/MAB, 2003. 168p.

Vannote, R.L.; Minshall, G.W.; Cummins, K.W.; Sedell, J.R.; Cushing, C.E. The river continuum concept. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v.37, p.130-137, 1980.

Vicentini, K. R. F. **Análise palinológica de uma vereda em Cromínia - GO**. Brasília, 1993. 75f. Dissertação (mestrado). Universidade de Brasília, UnB.

Walter, B.M.T.; Ribeiro, J.F. Diversidade fitofisionômica e o papel do fogo no bioma Cerrado. *In*: Miranda, H. S. (org.). **Efeitos do regime do fogo sobre a estrutura de comunidade de cerrado: resultados do Projeto Fogo**. Brasília: IBAMA, 2010. p.59-76.

Webster, J.R.; Meyer, J.L. Organic matter budgets for streams: a synthesis of stream organic matter budgets. **Journal of the North American Benthological Society**, v.16, p.141-161, 1997.

Yang, L.; Hai-Qing, H. Concentration variations of several ions in stream after a wildfire. **Journal of Forestry Research**, v.18, n.4, p.319-321, 2007.

Yates, C.P.; Edwards, A.C.; Russel-Smith, J. Big fires and their ecological impacts in Australian savannas: size and frequency matters. **International Journal of Wildland Fire**, v.17, n.6, p.768-781, 2008.

ANEXO

Anexo 1. Química da água de córregos, deposição atmosférica, escoamento superficial e solução freática de microbacias do Distrito Federal (valores em μM).

Córregos

Referências	Na ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	PO ₄ ^{- (**)}	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	Al ⁺³	Fe ⁺²	Si ⁺⁴
Capetinga*	4,35	5,12	1,19	3,60	4,24	7,58	1,60	0,28	0,65	0,44	0,38	1,13	6,32
Cabeça de Veado*	3,40	7,54	4,14	2,69	3,20	7,10	1,63	0,24	0,67	0,88	0,40	1,16	9,95
Pitoco*	4,74	4,87	0,84	3,38	3,18	6,46	1,23	0,20	0,65	1,15	0,71	1,49	5,74
Roncador*	6,30	15,57	4,49	4,03	2,88	8,88	2,11	0,20	0,74	1,73	0,59	1,59	9,48
Taquara*	5,51	6,02	2,60	4,50	3,16	6,16	1,46	0,25	0,65	1,59	0,99	1,69	5,33
Parron (2004)	7,87	9,09	3,77	1,06	1,76	7,92	0,22	0,00	0,00	1,84			
Silva (2008)	7,83	2,74	1,65	2,56	2,86	3,95	1,04	0,08	1,43	1,43			

Deposição Atmosférica

Capetinga*	3,76	10,32	1,73	4,15	9,04	10,10	4,34	0,27	0,91	10,03	0,38	1,11	2,01
Cabeça de Veado*	3,22	9,13	1,73	5,20	18,02	10,58	3,76	0,24	1,18	11,50	0,72	1,18	2,10
Pitoco*	2,92	8,04	1,39	2,70	14,50	6,97	2,77	0,19	0,76	9,88	0,76	1,43	1,95
Resende (2001)	4,40	7,43	1,71	3,23	10,74	34,04	1,87	0,01		1,81			
Parron (2004)	10,00	14,80	5,47	10,67	33,27	8,74	3,23	0,53		1,61			
Silva (2008)	3,91	3,49	3,70	11,51	7,86	4,79	0,94	3,37	6,43	2,14			

Escoamento Superficial

Cabeça de Veado*	5,94	20,40	19,60	42,80	5,49	45,10	10,30	0,43	1,11	7,27	1,53	0,78	4,25
Capetinga*	4,83	7,25	5,73	45,10	22,70	37,40	7,97	0,42	1,31	3,66	9,01	2,20	7,11
Pitoco*	2,46	7,92	7,09	29,60	15,80	28,00	5,52	0,40	1,05	9,94	8,68	2,08	4,67
Taquara*	1,30	10,50	11,40	30,40	4,88	40,70	5,94	0,36	1,09	14,30	3,35	0,82	3,48
Resende (2001)	3,31	12,08	21,02	57,85	14,86	53,85	1,89	0,03		2,61			
Parron (2004)	6,81	60,30	66,25	116,23	27,89	63,02	2,47	0,50		3,90			
Silva (2008)	14,80	25,20	15,60	49,62	12,86	21,97	4,27	0,21	2,14	10,71			

Solução Freática

Pitoco*	15,43	4,64	1,95	4,53	14,74	28,14	3,75	0,29	0,75	3,09	1,18	0,66	10,69
Taquara*	9,42	8,64	1,73	7,26	30,11	21,38	3,33	0,31	0,80	5,62	0,33	0,74	10,74
Silva (2008)	31,74	4,99	3,29	4,35	4,82	5,92	1,25	0,01	2,01	1,55			

* Microbacias estudadas no presente trabalho; ** No trabalho de Resende (2001), o campo PO₄⁻ refere-se ao valor de P_{total}.