



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE ESTUDOS SÓCIOAMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA



ANÁLISE GEOQUÍMICA E AMBIENTAL DAS BACIAS
HIDROGRÁFICAS DOS CÓRREGOS ALMEIDA E SANTA RITA EM
APARECIDA DE GOIÂNIA/GO

WESLEY DA SILVA BELIZÁRIO

GOIÂNIA
2015

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR AS TESES E DISSERTAÇÕES ELETRÔNICAS (TEDE) NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: **Dissertação** **Tese**

2. Identificação da Tese ou Dissertação

Autor (a):	WESLEY DA SILVA BELIZÁRIO		
E-mail:	wesleybelizario@hotmail.com		
Seu e-mail pode ser disponibilizado na página?	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	
Vínculo empregatício do autor	Professor		
Agência de fomento: ---	---	Sigla: ---	---
País: ---	UF: -	CNPJ: ---	---
Título:	ANÁLISE GEOQUÍMICA E AMBIENTAL DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS CÓRREGOS ALMEIDA E SANTA RITA EM APARECIDA DE GOIÂNIA/GO		
Palavras-chave:	Bacias Hidrográficas. Impactos/degradação Ambiental. Nascentes. Corpo Hídrico. Qualidade da Água.		
Título em outra língua:	ANALYSIS GEOCHEMISTRY AND ENVIRONMENTAL THE WATERSHED STREAM ALMEIDA AND SANTA RITA IN APARECIDA DE GOIÂNIA/GO		
Palavras-chave em outra língua:	Watershed. Impacts/environmental degradation. Headwaters. Water body. Water quality		
Área de concentração:	Natureza e Produção do Espaço		
Data defesa:	(17/11/2015)		
Programa de Pós-Graduação:	Geografia		
Orientador (a):	Dr ^a . Cláudia Valéria de Lima		
E-mail:	claudlima@gmail.com		
Co-Orientador(a):*---	---		
E-mail:	---		


*Necessita do CPF quando não constar no SisPG

3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF ou DOC da tese ou dissertação.

O sistema da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações garante aos autores, que os arquivos contendo eletronicamente as teses e ou dissertações, antes de sua disponibilização, receberão procedimentos de segurança, criptografia (para não permitir cópia e extração de conteúdo, permitindo apenas impressão fraca) usando o padrão do Acrobat.



 Assinatura do (a) autor(a)

Data: 19 / 01 / 2016

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

WESLEY DA SILVA BELIZÁRIO

**ANÁLISE GEOQUÍMICA E AMBIENTAL DAS BACIAS
HIDROGRÁFICAS DOS CÓRREGOS ALMEIDA E SANTA RITA EM
APARECIDA DE GOIÂNIA/GO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Estudos Sócioambientais da Universidade Federal de Goiás, como requisito para a obtenção do Título de Mestre em Geografia.

Área de Concentração: Natureza e Produção do Espaço

Linha de Pesquisa: Análise Ambiental e Tratamento da Informação Geográfica

Orientadora: Dr^a. Cláudia Valéria de Lima

GOIÂNIA

2015

Ficha catalográfica elaborada automaticamente
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a), sob orientação do Sibi/UFG.

da Silva Belizario, Wesley
Análise Geoquímica e Ambiental das Bacias Hidrográficas dos
Córregos Almeida e Santa Rita em Aparecida de Goiânia/GO
[manuscrito] / Wesley da Silva Belizario. - 2015.
CCXIX, 219 f.: il.

Orientador: Profa. Dra. Cláudia Valéria de Lima.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Instituto de
Estudos Socioambientais (Iesa) , Programa de Pós-Graduação em
Geografia, Goiânia, 2015.

Bibliografia.

Inclui siglas, mapas, fotografias, gráfico, lista de figuras, lista de
tabelas.

1. Bacias Hidrográficas. 2. Impactos/Degradação Ambiental. 3.
Nascentes. 4. Corpo Hídrico. 5. Qualidade da Água. I. Valéria de Lima,
Cláudia, orient. II. Título.

APROVADO POR:

Dra. CLÁUDIA VALÉRIA DE LIMA
(ORIENTADORA)

Dra. GISLAINE CRISTINA LUIZ
(EXAMINADORA INTERNA)

Dr. BERNARDO CRISTÓVÃO COLOMBO DA CUNHA
(EXAMINADOR EXTERNO)

GOIÂNIA
2015

**Vivemos a coisificação do homem.
Enquanto Geógrafo procuro entender a
humanização da coisa.**

Milton Santos

DEDICATÓRIA

Dizem que filhos sempre mudam a nossa vida. Antes de nascerem, na maioria das vezes, dedicamos o que fazemos a nós mesmos ou a outra pessoa por quem temos carinho e apreço diferenciado. Porém, quando eles nascem tudo se altera em nossas vidas e passamos a viver por eles, crescer por eles, conquistar melhores posições, em fim... fazer as coisas de nossa existência e nossa própria existência com foco neles. Na minha vida isso foi e está sendo uma verdade.

Dedico, então, esta dissertação ao meu filho César Belizário, o qual foi minha fonte de inspiração e força para concluir mais esta etapa da minha vida acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Como Cristão, acredito em Deus e tenho nEle fonte de esperança e fé. Por isso agradeço a Ele a força e a tranquilidade dada para concluir este trabalho.

Agradeço à minha orientadora, a professora doutora Cláudia Valéria de Lima, pelas contribuições, orientações, correções, em fim, por toda ajuda acadêmica, pois sei que ela fez o melhor dentro das suas possibilidades.

Agradeço ao meu pai Nilson Belizário, à minha mãe Salvani Belizário, à minha sogra Nizete Andrade e ao meu sogro Roberto Andrade por terem me ajudado nos momentos em que cuidaram do meu filho, situações em que precisei e foram extremamente úteis para fazer pesquisas de campo e/ou bibliográfica e me dedicar à escrita do trabalho, sem em nenhum momento reclamarem ou questionarem a minha necessidade ou a minha condição de pai, na consciência de que o crescimento acadêmico está atrelado ao profissional, sendo assim, o melhor para a minha vida e de meu filho.

Agradeço, sobremaneira, ao meu grande amigo Lucas Siza de Sá que, com tanto esmero, cuidado e dedicação, me ajudou a desenvolver os trabalhos de campo, indo comigo *in situ* fazer medições, coleta de amostras e fotografias, enfrentando as intempéries dos lugares em tínhamos que pesquisar, sem, em nenhum momento, se indispor de sua ajuda. Suas contribuições foram para além disso, pois, a partir de seus conhecimentos em cartografia e geoprocessamento é que foi possível elaborarmos os mapas que compõem essa dissertação. Portanto, a este amigo me faltam palavras para agradecer a magnitude de suas contribuições.

Agradeço aos professores da Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Estudos Sócio-Ambientais da Universidade Federal de Goiás, sobretudo aos que lecionaram as disciplinas que cursei em minha formação. Agradeço, portanto, às professoras Ana Cristina da Silva e Eliana Marta Barbosa de Moraes que lecionaram a disciplina “Teoria e Método em Geografia”. Agradeço à professora Juliana Ramalho Barros, que lecionou a disciplina “Teoria e Técnicas em Climatologia”. Sou grato ao professor Paulo Henrique Azevedo Sobreira, que ofereceu com tanto esmero a disciplina “Mudanças Globais no Sistema Terra”. Sou grato, também, aos professores Manuel Eduardo Ferreira, Cláudia Valéria de Lima, Eguimar Felício Chaveiro e Marcelo Rodrigues Mendonça, que instruíram com louvor a disciplina “Ambiente

e Apropriação do Cerrado”. Todas essas disciplinas e esses professores foram de suma importância para o meu crescimento enquanto Geógrafo e Professor.

Agradeço, em especial, aos professores Manuel Eduardo Ferreira e Luis Felipe Soares Cherem, que participaram da minha banca no seminário interno da pós-graduação e deram contribuições efetivas para o meu trabalho, com críticas construtivas e de grande valia. Agradeço aos professores que participaram da minha qualificação, dando alternativas e indicando caminhos para conclusão da pesquisa, da mesma forma apontando as falhas e cobrando resultados positivos. A eles, professora Andrelisa Santos de Jesus e Luis Felipe Soares Cherem, meus mais sinceros agradecimentos.

Da mesma forma, minha gratidão se direciona aos professores da banca de defesa, a saber: professora doutora Cláudia Valéria de Lima (orientadora), professora doutora Gislaine Cristina Luiz (examinadora interna) e o professor doutor Bernardo Cristóvão Colombo da Cunha (examinador externo). Por este tenho imensa consideração e admiração pelo seu profissionalismo, pela sua dedicação à docência, pelo conhecimento que possui e por ser uma pessoa singular, no sentido relacional. A aprovação dessa dissertação muito me emociona, pois a aquiescência deles indica que engendrei com louvor um trabalho científico.

Agradeço também à Universidade Federal de Goiás, na figura do Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, pela oportunidade de cursar o mestrado e, ao final, obter o título de Mestre em Geografia por esta renomada instituição, em um programa reconhecido e de excelente conceito junto a CAPES.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	13
LISTA DE GRÁFICOS.....	17
LISTA DE QUADROS.....	20
LISTA DE TABELAS.....	21
LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES.....	23
CAPITULO 1 - INTRODUÇÃO.....	26
CAPITULO 2 - ASPECTOS TEÓRICOS.....	32
2.1 Geografia e meio ambiente.....	32
2.2 O meio ambiente urbano.....	34
2.3 Poluição hídrica.....	38
2.4 Qualidade da água.....	43
2.4.1 Potencial hidrogeniônico.....	46
2.4.2 Temperatura.....	47
2.4.3 Condutividade.....	47
2.4.4 Sólidos totais dissolvidos.....	48
2.4.5 Salinidade.....	48
2.4.6 Sólidos suspensos.....	48
2.4.7 Turbidez.....	49
2.4.8 Oxigênio dissolvido.....	49
2.4.9 Oxigênio consumido.....	50
2.4.10 Dureza.....	50

2.4.11 Cloretos.....	50
2.4.12 Cor	51
2.4.13 Ferro	51
2.4.14 CO ₂ livre.....	51
2.4.15 Coliformes totais.....	51
2.4.16 Bactérias heterotróficas.....	52
CAPITULO 3 - ÁREA DE ESTUDO.....	53
3.1 O Município de Aparecida de Goiânia.....	53
3.1.1 Histórico do município.....	55
3.1.2 Dinâmica demográfica.....	56
3.1.3 Ocupação e organização territorial.....	60
3.2 Caracterização física do município.....	63
3.2.1 Clima.....	63
3.2.2 Geologia.....	63
3.2.3. Geomorfologia.....	64
3.2.4 Solos.....	66
3.2.5 Hidrografia.....	68
3.3 As bacias hidrográficas dos córregos Almeida e Santa Rita.....	69
CAPITULO 4 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	73
4.1 Avaliação da qualidade ambiental das nascentes.....	74
4.2 Identificação dos impactos ambientais.....	74
4.3 Avaliação da condição ambiental do corpo hídrico.....	75

4.4 Análises físico-químicas e microbiológica da água.....	75
4.5 Fundamentos legais.....	77
CAPITULO 5 - RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	79
5.1 Avaliação da qualidade ambiental das nascentes.....	81
5.1.1 A análise macroscópica das nascentes.....	88
5.1.1.1 <i>Nascente A</i>	91
5.1.1.2 <i>Nascente B</i>	93
5.1.1.3 <i>Nascente C</i>	94
5.1.1.4 <i>Nascente D</i>	96
5.1.1.5 <i>Nascente E</i>	98
5.1.1.6 <i>Nascente F</i>	99
5.1.1.7 <i>Nascente G</i>	101
5.1.1.8 <i>Nascente H</i>	103
5.1.1.9 <i>Nascente I</i>	104
5.1.2 A Relação entre os parâmetros.....	106
5.1.2.1 <i>Cor aparente e odor</i>	109
5.1.2.2 <i>Lixo e materiais flutuantes</i>	110
5.1.2.3 <i>Espumas e óleos</i>	110
5.1.2.4 <i>Efluentes (domésticos ou fluxos superficiais)</i>	111
5.1.2.5 <i>Vegetação</i>	112
5.1.2.6 <i>Uso por animais e uso por humanos</i>	112
5.1.2.7 <i>Proteção do local e proximidade com residências ou estabelecimentos</i>	113
5.1.2.8 <i>Áreas de inserção</i>	114

5.2 Impactos ambientais nas bacias dos córregos Almeida e Santa Rita.....	117
5.2.1 Resíduos sólidos.....	118
5.2.2 Assoreamento.....	121
5.2.3 Ocupações em áreas de preservação.....	123
5.2.4 Efluentes domésticos e industriais.....	126
5.2.5 Erosões.....	130
5.3 Avaliação da condição ambiental do corpo hídrico.....	134
5.3.1 Avaliação da condição ambiental no trecho 1.....	137
5.3.2 Avaliação da condição ambiental no trecho 2.....	140
5.3.3 Avaliação da condição ambiental no trecho 3.....	143
5.3.4 Avaliação da condição ambiental no trecho 4.....	146
5.3.5 Avaliação da condição ambiental no trecho 5.....	149
5.3.6 Avaliação da condição ambiental no trecho 6.....	152
5.3.7 Avaliação da condição ambiental no trecho 7.....	155
5.3.8 Avaliação da condição ambiental no trecho 8.....	158
5.4 Análise físico-química da qualidade da água.....	165
5.4.1 Análise físico-química da água no ponto 1.....	167
5.4.2 Análise físico-química da água no ponto 2.....	171
5.4.3 Análise físico-química da água no ponto 3.....	174
5.4.4 Turbidez.....	178
5.4.5 Cor.....	179
5.4.6 pH.....	180
5.4.7 Ferro.....	181
5.4.8 Dureza.....	182
5.4.9 Cloretos.....	183
5.4.10 Alcalinidade.....	184

5.4.11 Oxigênio consumido.....	186
5.4.12 CO ₂ livre.....	187
5.4.13 Condutividade elétrica.....	188
5.4.14 Sólidos totais dissolvidos.....	189
5.4.15 A relação entre os parâmetros.....	191
5.5 Análise microbiológica da qualidade da água.....	194
5.5.1 Análise microbiológica no ponto 1.....	195
5.5.2 Análise microbiológica no ponto 2.....	196
5.5.3 Análise microbiológica no ponto 3.....	197
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES.....	199
REFERÊNCIAS.....	204

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização de Aparecida de Goiânia/GO.....	54
Figura 2 - Mapa de uso do solo de Aparecida de Goiânia/GO.....	61
Figura 3 - Mapa geológico de Aparecida de Goiânia/GO.....	64
Figura 4- Mapa compartimentação geomorfológica de Aparecida de Goiânia/GO.....	65
Figura 5 - Mapa de solos de Aparecida de Goiânia/GO.....	67
Figura 6 - Mapa hidrográfico de Aparecida de Goiânia.....	68
Figura 7 - Uso do solo nas bacias dos córregos Almeida e Santa Rita.....	70
Figura 8 - Buffer das bacias hidrográficas dos córregos Almeida e Santa Rita.....	71
Figura 9 - Passos metodológicos.....	77
Figura 10 - Nascente da bacia do córrego Almeida.....	84
Figura 11 - Nascente da bacia do córrego Almeida.....	84
Figura 12 - Nascente da bacia do córrego Almeida.....	84
Figura 13 - Nascente da bacia do córrego Almeida.....	84
Figura 14 - Migração da nascente. Bacia do córrego Almeida.....	85
Figura 15 - Nascente da bacia do córrego Almeida.....	85
Figura 16 - Nascente da bacia do córrego Almeida.....	85
Figura 17 - Nascente da bacia do córrego Santa Rita.....	86
Figura 18 - Nascente da bacia do córrego Santa Rita.....	86
Figura 19 - Nascente da bacia do córrego Santa Rita.....	86
Figura 20 - Nascente da bacia do córrego Santa Rita.....	86
Figura 21 - Nascente da bacia do córrego Santa Rita.....	87
Figura 22 - Nascente da bacia do córrego Santa Rita.....	87
Figura 23 - Nascentes das bacias hidrográficas dos córregos Almeida e Santa Rita.....	90
Figura 24 - Nascente A. bacia do córrego Almeida.....	91
Figura 25 - Nascente A. Encontro da água pluvial com a água da nascente.....	92

Figura 26 - Nascente A. Entorno da nascente.....	92
Figura 27 - Nascente B. Bacia do córrego Almeida.....	93
Figura 28 - Nascente B. Difusa.....	93
Figura 29 - Nascente B. Ótima qualidade ambiental.....	93
Figura 30 - Nascente C. Bacia do córrego Almeida.....	95
Figura 31 - Nascente C. Proximidade com ferro-velho e residência.....	95
Figura 32 - Nascente C. Lixo, entulho e água pluvial.....	95
Figura 33 - Nascente D. Bacia do córrego Almeida.....	96
Figura 34 - Nascente D.....	97
Figura 35 - Nascente D. Entorno.....	97
Figura 36 - Nascente E. Bacia do córrego Almeida.....	98
Figura 37 - Nascente E.....	99
Figura 38 - Nascente E. Entorno.....	99
Figura 39 - Nascente F. Bacia do córrego Almeida.....	100
Figura 40 - Nascente F.....	100
Figura 41 - Nascente F. Entorno.....	100
Figura 42 - Nascente G. Bacia do córrego Almeida.....	102
Figura 43 - Nascente G. Entorno.....	102
Figura 44 - Nascente G. Proximidade da nascente.....	102
Figura 45 - Nascente H. Bacia do córrego Santa Rita.....	103
Figura 46 - Nascente H.....	104
Figura 47 - Nascente H.....	104
Figura 48 - Nascente I. Bacia do córrego Santa Rita.....	105
Figura 49 – Entulho. Bacia no córrego Almeida.....	119
Figura 50 – Entulho. Bacia no córrego Almeida.....	119
Figura 51 – Lixo. Bacia do córrego Santa Rita.....	119

Figura 52 – Lixo. Bacia do córrego Almeida.....	119
Figura 53 - Entulho. Bacia do córrego Almeida.....	120
Figura 54 - Entulho. Bacia do córrego Almeida.....	120
Figura 55 - Resíduos sólidos em nascente. Bacia do córrego Almeida.....	120
Figura 56 - Resíduos sólidos em nascente. Bacia do córrego Almeida.....	120
Figura 57 - Assoreamento. Bacia do córrego Almeida.....	122
Figura 58 - Assoreamento. Bacia do córrego Santa Rita.....	122
Figura 59 - Assoreamento. Bacia do córrego Almeida.....	122
Figura 60 - Assoreamento. Bacia do córrego Santa Rita.....	122
Figura 61 - Assoreamento. Bacia do córrego Almeida.....	122
Figura 62 - Assoreamento. Bacia do córrego Santa Rita.....	122
Figura 63 - Assoreamento na bacia do córrego Almeida.....	122
Figura 64 - Assoreamento na bacia do córrego Santa Rita.....	122
Figura 65 - Habitações irregulares. Bacia do córrego Santa Rita.....	124
Figura 66 - Área de ocupação irregular. Bacia do córrego Almeida.....	124
Figura 67 - Habitações irregulares. Bacia do córrego Almeida.....	125
Figura 68 - Produção de terra nas margens da bacia do córrego Almeida.....	125
Figura 69 - Ocupação irregular na bacia do córrego Santa Rita.....	125
Figura 70 - Habitações irregulares na bacia do córrego Almeida.....	125
Figura 71 - Área de empresa sobre o curso d'água. Bacia do córrego Almeida.....	125
Figura 72 - Área de empresa edificada sobre o curso d'água. Bacia do córrego Almeida....	125
Figura 73 - Concentração de matéria orgânica. Bacia do córrego Almeida.....	127
Figura 74 - Concentração de matéria orgânica. Bacia do córrego Santa Rita.....	127
Figura 75 - Cor escura decorrente do lançamento de esgoto doméstico. Bacia do córrego Almeida.....	127
Figura 76 - Proliferação de algas. Bacia do córrego Almeida.....	127

Figura 77 - Ponto de lançamento de efluente. Bacia do córrego Santa Rita.....	128
Figura 78 - Ponto de lançamento de efluente. Bacia do córrego Almeida.....	128
Figura 79 - Contaminação da água por efluentes industriais. Bacia do córrego Almeida.....	128
Figura 80 - Contaminação da água por efluentes industriais. Bacia do córrego Almeida.....	128
Figura 81 - Lançamento de efluentes industriais. Bacia do córrego Almeida.....	129
Figura 82 - Lançamento de efluentes industriais a céu aberto. Bacia do córrego Santa Rita.....	129
Figura 83 - Bacia que recebe o efluente. Bacia do córrego Santa Rita.....	129
Figura 84 - Erosão na bacia do córrego Almeida.....	131
Figura 85 - Erosão na bacia do córrego Almeida.....	131
Figura 86 - Erosão na margem da bacia do córrego Almeida.....	131
Figura 87 - Erosão das margens na bacia do córrego Almeida.....	131
Figura 88 - Erosão na bacia do córrego Almeida.....	131
Figura 89 - Erosão na bacia do córrego Almeida.....	131
Figura 90 - Erosão das margens na bacia do córrego Almeida.....	132
Figura 91 - Erosão das margens. Bacia do córrego Almeida.....	132
Figura 92 - Erosão na nascente. Bacia do córrego Almeida.....	132
Figura 93 - Erosão na nascente. Bacia do córrego Almeida.....	132
Figura 94 - Ravina. Bacia do córrego Santa Rita.....	133
Figura 95 - Erosão em sulcos. Bacia do córrego Santa Rita.....	133
Figura 96 - Trechos analisados.....	135
Figura 97 - Pontos de coleta da água para análise físico-química e microbiológica.....	167

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Crescimento populacional de Aparecida de Goiânia nos últimos 20 anos.....	57
Gráfico 2 - Crescimento PIB a cada 10 anos.....	58
Gráfico 3 - Crescimento da população a cada 10 anos.....	58
Gráfico 4 - Crescimento da população entre os períodos.....	59
Gráfico 5 - Crescimento geométrico populacional (%)......	59
Gráfico 6 - Crescimento da população em relação a 1980.....	60
Gráfico 7 - Enquadramento das nascentes.....	107
Gráfico 8 - Porcentagem das nascentes x classe de enquadramento.....	108
Gráfico 9 - Qualidade ambiental das nascentes.....	109
Gráfico 10 - Cor e odor da água das nascentes.....	109
Gráfico 11 - Impactos do lixo e materiais flutuantes nas nascentes.....	110
Gráfico 12 - Espumas e óleos.....	111
Gráfico 13 - Resíduos líquidos (esgoto e fluxos superficiais).....	111
Gráfico 14 - Degradação da vegetação nas nascentes.....	112
Gráfico 15 - Presença de animais e humanos.....	113
Gráfico 16 - Proteção das nascentes.....	113
Gráfico 17 - Proximidade com residências ou estabelecimentos.....	114
Gráfico 18 - Áreas de inserção das nascentes.....	114
Gráfico 19 - Condição ambiental dos trechos das bacias hidrográficas.....	162
Gráfico 20 - Variação da turbidez no ponto 1.....	169
Gráfico 21 - Variação da cor no ponto 1.....	169
Gráfico 22 - Variação do ferro no ponto 1.....	170
Gráfico 23 - Variação do pH no ponto 1.....	170
Gráfico 24 - Variação da dureza no ponto 1.....	170
Gráfico 25 - Variação do cloreto no ponto 1.....	170

Gráfico 26 - Variação da alcalinidade no ponto 1.....	170
Gráfico 27 - Variação O ₂ consumido no ponto 1.....	170
Gráfico 28 - Variação CO ₂ no ponto 1.....	171
Gráfico 29 - Variação da condutividade e sólidos no ponto 1.....	171
Gráfico 30 - Variação turbidez no ponto 2.....	173
Gráfico 31 - Variação cor no ponto 2.....	173
Gráfico 32 - Variação pH no ponto 2.....	173
Gráfico 33 - Variação ferro no ponto 2.....	173
Gráfico 34 - Variação dureza no ponto 2.....	174
Gráfico 35 - Variação cloreto no ponto 2.....	174
Gráfico 36 - Variação alcalinidade no ponto 2.....	174
Gráfico 37 - Variação O ₂ consumido no ponto 2.....	174
Gráfico 38 - Variação CO ₂ no ponto 2.....	174
Gráfico 39 - Condutividade e STD no ponto 2.....	174
Gráfico 40 - Variação da turbidez no ponto 3.....	176
Gráfico 41 - Variação da cor no ponto 3.....	176
Gráfico 42 - Variação do pH no ponto 3.....	176
Gráfico 43 - Variação do ferro no ponto 3.....	176
Gráfico 44 - Variação da dureza no ponto 3.....	177
Gráfico 45 - Variação do cloreto no ponto 3.....	177
Gráfico 46 - Variação da alcalinidade no ponto 3.....	177
Gráfico 47 - Variação O ₂ consumido no ponto 3.....	177
Gráfico 48 - Variação CO ₂ no ponto 3.....	177
Gráfico 49 - Variação da condutividade e STD no ponto 3.....	177
Gráfico 50 - Turbidez nos três pontos.....	178
Gráfico 51 - Cor nos três pontos.....	180

Gráfico 52 - pH nos três pontos.....	181
Gráfico 53 - Ferro nos três pontos.....	182
Gráfico 54 - Dureza nos três pontos.....	183
Gráfico 55 - Cloretos nos três pontos.....	184
Gráfico 56 - Alcalinidade nos três pontos.....	185
Gráfico 57 - Oxigênio consumido nos pontos.....	187
Gráfico 58 - CO ₂ livre nos três pontos.....	188
Gráfico 59 - Condutividade nos três pontos.....	189
Gráfico 60 - Sólidos dissolvidos totais nos três pontos.....	190
Gráfico 61 - Média de turbidez e normativas.....	191
Gráfico 62 - Média da cor e normativas.....	191
Gráfico 63 - Média de pH e normativas.....	191
Gráfico 64 - Média de ferro e normativas.....	191
Gráfico 65 - Média de dureza e normativas.....	192
Gráfico 66 - Média de cloretos e normativas.....	192
Gráfico 67 - Média de alcalinidade e normativas.....	192
Gráfico 68 - Média de O ₂ consumido e normativas.....	192
Gráfico 69 - Média de condutividade e normativas.....	192
Gráfico 70 - Média de CO ₂ livre e normativas.....	192
Gráfico 71 - Média de STD e normativas.....	192
Gráfico 72 - Contagem de bactérias heterotróficas e legislação.....	197
Gráfico 73 - Contagem de <i>Escherichia Coli</i> e legislação.....	197
Gráfico 74 - Contagem de coliformes totais e legislação.....	198

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Fontes de poluição.....	40
Quadro 2 - Fontes de poluição e sua significância.....	42
Quadro 3 - Fontes geradoras de poluição.....	45
Quadro 4 - Impactos ambientais urbanos e suas consequências para as nascentes.....	83
Quadro 5 - Parâmetros macroscópicos para análise da qualidade ambiental de nascentes urbanas.....	88
Quadro 6 - Determinação legal da Área de Preservação Permanente.....	126
Quadro 7 - Qualidade da água para diversos usos.....	165

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - População - Aparecida de Goiânia.....	56
Tabela 2 - Produto Interno Bruto Per Capita (R\$) - Aparecida de Goiânia.....	58
Tabela 3 - Aparecida de Goiânia - crescimento relativo da população.....	58
Tabela 4 - Classificação das nascentes quanto à preservação e qualidade ambiental.....	89
Tabela 5 - Qualidade ambiental da nascente A.....	92
Tabela 6 - Qualidade ambiental da nascente B.....	94
Tabela 7 - Qualidade ambiental da nascente C.....	96
Tabela 8 - Qualidade ambiental da nascente D.....	97
Tabela 9 - Qualidade ambiental da nascente E.....	99
Tabela 10 - Qualidade ambiental da nascente F	101
Tabela 11 - Qualidade ambiental da nascente G.....	103
Tabela 12 - Qualidade ambiental da nascente H.....	104
Tabela 13 - Qualidade ambiental da nascente I.....	106
Tabela 14 - Qualidade ambiental das nascentes - resultado (aspectos macroscópicos).....	106
Tabela 15 - Valores de referência para a condição ambiental.....	136
Tabela 16 - Condição ambiental do trecho 1.....	137
Tabela 17 - Condição ambiental do trecho 2.....	140
Tabela 18 - Condição ambiental do trecho 3.....	143
Tabela 19 - Condição ambiental do trecho 4.....	146
Tabela 20 - Condição ambiental do trecho 5.....	149
Tabela 21 - Condição ambiental do trecho 6.....	153
Tabela 22 - Condição ambiental do trecho 7.....	156
Tabela 23 - Condição ambiental do trecho 8.....	159
Tabela 24 - Pontuação dos trechos em relação aos parâmetros de qualidade ambiental.....	163

Tabela 25 - Análise físico-química da água no ponto 1. Bacia hidrográfica do córrego Almeida.....	168
Tabela 26 - Análise físico-química da água no ponto 2. Bacia hidrográfica do córrego Santa Rita.....	172
Tabela 27 - Análise físico-química da água no ponto 3. Confluência das bacias hidrográficas.....	175
Tabela 28 - Análise microbiológica da água no ponto 1.....	196
Tabela 29 - Análise microbiológica da água no ponto 2.....	196
Tabela 30 - Análise microbiológica da água no ponto 3.....	197

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

APP - Área de Preservação Permanente

CaCO₃ - Carbonato de Cálcio

CO₂ - Dióxido de Carbono

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CPRM - Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais

DAIAG-GO - Distrito Agroindustrial de Aparecida de Goiânia/GO

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO - Demanda Química de Oxigênio

ETE - Estação de Tratamento de Esgoto

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde

GPS - Sistema de Posicionamento Global

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IC - Índice de Coliformes

IIAN - Índice de Impacto Ambiental de Nascentes

N.A - Não Aplicável

N.O - Não Objetável

NO₃ - Nitrato

NPM - Número Mais Provável

O₂ - Oxigênio

PAR - Protocolo de Avaliação Rápida

pH - Potencial Hidrogeniônico

PIB - Produto Interno Bruto

PO₄ - Fosfato

PVC - Policloreto de Vinila

RS - Resíduos Sedimentáveis

SS - Sólidos Suspensos

STD - Sólidos Totais Dissolvidos

T - Temperatura

UNT - Unidades de Turbidez

UFC - Unidades Formadoras de Colônias

RESUMO

A dinâmica urbana aliada ao rápido crescimento das cidades, em muitos casos mal planejado, gera uma série de problemas sociais e ambientais que terminam por impactar negativamente os sistemas naturais e afetar de forma contraproducente os recursos hídricos. Diante disso, foi desenvolvida esta pesquisa que teve como objetivo analisar a situação ambiental de bacias hidrográficas em espaços urbanos, tendo como objeto específico as bacias hidrográficas dos córregos Almeida e Santa Rita em Aparecida de Goiânia/GO. Para alcançar o objetivo foram seguidos quatro passos fundamentais, a saber: (1) análise da qualidade ambiental das nascentes, (2) identificação dos impactos ambientais existentes nessas bacias de drenagem, (3) análise da condição ambiental do corpo hídrico, e (4) análise físico-química e microbiológica da água das bacias hidrográficas. Para a análise da qualidade ambiental das nascentes foi elaborado e aplicado um Protocolo de Avaliação Rápida, onde foram estabelecidos alguns parâmetros para verificação da qualidade das nascentes como: cor da água, odor, presença de lixo e materiais flutuantes, existência de espumas ou óleos na água, esgoto, preservação da vegetação, uso por animais, uso por humanos, proteção do local, proximidade com residências ou estabelecimentos e tipo de área de inserção de cada nascente. Foi constatado que, dentre as nascentes analisadas, somente 33% tem qualidade ambiental positiva, e 67% das nascentes sofrem com impactos que comprometem, de forma significativa, seus sistemas. Na análise ambiental foram identificados os impactos ambientais mais expressivos como: assoreamento, erosões, poluição e contaminação do solo e da água por resíduos sólidos e líquidos, decorrentes de fontes domésticas e industriais, além de outros processos que levam à degradação do meio. Para a avaliação da condição ambiental do corpo hídrico foram selecionados oito trechos e elaborado e aplicado um Protocolo de Avaliação Rápida composto por parâmetros de análise como: tipo de ocupação das margens, erosões próximas e/ou nas margens, assoreamento do leito, alterações antrópicas, cobertura vegetal no leito, odor da água, oleosidade da água, transparência da água, odor do sedimento do fundo, oleosidade do fundo, tipo de fundo, tipo de habitats do fundo, tipos de substrato, deposição de lama, alterações no canal do rio, características dos fluxos das águas, presença de mata ciliar, estabilidade das margens, extensão de mata ciliar, presença de plantas aquáticas e extensão/frequência dos rápidos. Nesta análise, somente dois trechos tinham condição ambiental boa, sendo considerados ambientes preservados. Para análise físico-química da qualidade da água foram escolhidos três pontos de amostragem: um na bacia do córrego Almeida (ponto 1), outro na bacia do córrego Santa Rita (ponto 2) e o terceiro na confluência das duas bacias de drenagem (ponto 3). Esta análise considerou os seguintes parâmetros: turbidez, cor, pH, ferro, dureza, cloretos, alcalinidade, oxigênio consumido, CO₂ livre, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos. A partir destes, foi possível verificar o nível de poluição e contaminação da água, sendo a bacia do córrego Almeida possuidora de águas mais poluídas e contaminadas e a bacia do córrego Santa Rita com águas de maior nível de qualidade. Foi também feita análise microbiológica da água nos mesmos pontos. Em todos eles a contagem de bactérias heterotróficas, a quantidade de coliformes totais e *Escherichia Coli* ultrapassou o limite permitido pela legislação. A partir dessas quatro etapas acreditamos ter desenvolvido uma pesquisa que possa trazer à tona os problemas ambientais existentes nas bacias hidrográficas urbanas do município e, assim, fornecer subsídios para a construção de políticas *socioambientais* em Aparecida de Goiânia/GO, tendo em vista que estes problemas perpassam, também, pelo desarranjo das estruturas sociais. Da mesma forma, consideramos relevante a contribuição deste trabalho para novas pesquisas acadêmicas em bacias hidrográficas situadas em áreas citadinas.

PALAVRAS-CHAVE: Bacias Hidrográficas. Impactos/degradação Ambiental. Nascentes. Corpo Hídrico. Qualidade da Água.

ABSTRACT

The urban dynamics combined with the rapid growth of cities, in many cases poorly planned, generates a range of social and environmental problems that end up negatively impact natural systems and counterproductive way to affect water resources. Therefore, this research was developed that aimed to analyze the environmental condition of watersheds in urban areas, having as object specific the watersheds of streams Almeida and Santa Rita in Aparecida de Goiânia/GO. To achieve the goal were followed four basic steps, namely (1) the analysis of the environmental quality of springs, (2) environmental analysis of river basins, (3) the analysis of the environmental condition of critical parts of basins and (4) the physicochemical and microbiological analysis of water from river basins. To analyze the environmental quality of the springs was developed and implemented a Rapid Assessment Protocol, where were established some parameters for checking the quality of the springs as water color, odor, waste, floating materials, foams, oils, the sewer, the preservation of vegetation use by animals, for human use, site protection, the proximity to residences or establishments and type of each spring insertion area. It was found that among the sources analyzed only 33% have positive environmental quality and 67% of springs suffer from impacts that compromise their systems. In environmental analysis they were identified the most intense environmental impacts as siltation, erosion, pollution and contamination of soil and water by solid waste and liquid resulting from domestic and industrial sources, and other processes which lead to degradation of the environment. To assess the environmental condition of the water body eight were selected excerpts and it was developed and implemented a Rapid Assessment Protocol composed by analysis of parameters such as the type of occupation of the banks of the water body, erosions nearby and/or the banks, silting up of the bed, anthropogenic change, vegetation cover on the bed, the smell of water, water oiliness, water transparency, the odor of the sediment (background), the oiliness of the fund, the fund type, the type of bottom habitats, types of substrate, the deposition of mud, changes in the river channel, the characteristics of the water flows, the presence of riparian vegetation, the stability of margins, riparian forest extension, presence of aquatic plants and the extent and frequency of rapids. In this analysis, only two stretches had good environmental condition, being considered preserved environments. For physical-chemical analysis of water quality were chosen three sampling points: one in the stream basin Almeida (point 1), another in the creek watershed Santa Rita (point 2) and the third at the meeting of the two basins (point 3). This analysis considered the following parameters: turbidity, color, pH, iron, hardness, chloride, alkalinity, oxygen consumption, CO₂ free, electrical conductivity and total dissolved solids. From these, we found the level of pollution and water contamination, and the basin of the stream Almeida possessing more polluted and contaminated water and the basin of the stream Santa Rita with the highest level of quality water. It was also made microbiological analysis of water in the same spots. In all of them the count of heterotrophic bacteria, the amount of total coliforms and *E. coli* exceeded the limit allowed by law. Thus, from these four steps we believe we have developed a survey that can bring to light the problems environmental existing in urban watersheds of the municipality and thus provide subsidies for the construction of social and environmental policies in Aparecida de Goiânia/GO, given that that these problems permeate also the breakdown of social structures. Similarly, we consider relevant the contribution of this work to new academic researches in watersheds situated in urban areas.

KEYWORDS: Watershed. Impacts/environmental degradation. Headwaters. Water body. Water quality.

1 INTRODUÇÃO

As discussões sobre o meio ambiente na atualidade têm-se dado de forma mais intensa, sobretudo no que diz respeito aos impactos, poluição, contaminação e à degradação ambiental. Vários cenários trazem à tona essas discussões como, para citar alguns exemplos, o problema da falta e da escassez de água (e outros tantos relacionados aos recursos hídricos), o problema da seca, as alterações nos regimes pluviométricos, as mudanças climáticas globais, as doenças, entre outros, que, ao serem analisados de perto, revelam a magnitude dos processos que culminam em esgotamento dos recursos naturais e mudanças descomunais do/no meio ambiente, causando desarranjos imensuráveis para vida humana presente e futura.

Vários fatores têm colaborado para o agravamento dos problemas ambientais, porém, a expansão urbana e industrial são os que se destacam nesse sentido. Esses contribuem para o aumento dos níveis de consumo e, com a deficiência dos sistemas públicos que atuam na gestão, regularização e fiscalização das questões ambientais, têm-se o aumento da geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, além de outros problemas ambientais, que, quando não resolvidos, provocam desequilíbrios ambientais e sociais.

Corroborando, com esse ponto de vista, Cidade (2013) ao falar do crescimento intensificado do espaço urbano e dos usos inadequados do solo nestes locais. Para ela, essa realidade potencializa "ameaças advindas de eventos naturais, como tempestades, enchentes e deslizamentos, ou ocorrências induzidas como certos tipos de contaminação e de doenças e a violência" (p. 172). Essa situação de desequilíbrio socioambiental é resultante da relação entre a sociedade, seu sistema socioeconômico e o ambiente (CARVALHO, 2013).

Os problemas ambientais referem-se aos processos de poluição e contaminação e outros impactos que causam a degradação do meio ambiente. A degradação ambiental é, de acordo com a Política Nacional do Meio Ambiente, qualquer alteração adversa das características do meio ambiente (BRASIL, 1981). Esse conceito é amplo e abrange vários aspectos desde o prejuízo à natureza em si como ao próprio ser humano, que também é parte do meio ambiente. Nesse sentido, a degradação ambiental pode ser entendida como toda alteração desfavorável aos processos, funções ou componentes naturais que compromete a qualidade ambiental de um determinado local, e quando a qualidade ambiental é comprometida, a qualidade de vida da população é, por consequência, afetada.

Assim, a degradação ambiental é resultante da sucessão sistemática de fenômenos antrópicos incoerentes ambientalmente ou não sustentáveis e, dessa forma, pode ser entendida

como um problema (sócio)ambiental. Dentro dessa perspectiva, consideram-se problemas ambientais todos aqueles que decorrem de ações que afetam negativamente a qualidade de vida dos indivíduos no contexto de sua interação com o espaço, seja o espaço natural (estrato natural originário, fatores geoecológicos) ou diretamente o espaço social (SOUZA, 2000).

Todos os impactos sobre o meio ambiente afetam diretamente o ser humano, porém, aqueles que atingem os recursos hídricos, comprometendo a quantidade e a qualidade das águas, causam maiores desarranjos, tendo em vista ser este um recurso essencial que, em várias regiões e cidades do mundo, tem sido cada vez mais escasso.

Em se tratando de espaço urbano, Souza (2003) afirma que os cursos d'água superficiais são receptores de grande quantidade de impactos negativos, como os resultantes do lançamento de resíduos sólidos e líquidos de diversas naturezas e fontes, entre outros. Para Messias (2010) os impactos ambientais sobre os recursos hídricos urbanos são intensos e têm como fontes principais “as ações poluidoras em decorrência do abastecimento urbano e industrial; do lançamento de esgotos; da irrigação; da navegação que lança óleos e combustíveis; da geração de energia elétrica; da construção de grandes represas, entre outros” (p. 38).

Os problemas ambientais nos espaços urbanos são produtos de um crescimento rápido que não acompanha o mesmo ritmo do atendimento de infraestrutura para a preservação e melhoria da qualidade de vida (RAMPAZZO, 2002). Para Mendonça (2002), a ação antrópica sobre o meio ambiente ocorre em maior intensidade nas áreas urbanas uma vez que o homem, na busca pelo crescimento econômico, causa a degradação dos recursos naturais.

O histórico urbanístico do Brasil mostra que a expansão urbana é caracterizada pelo aumento irregular das áreas periféricas que, em sua maioria, tem pouca obediência ao estabelecido nos planos diretores e em normas relativas à construção de novos loteamentos (TUCCI, 2003). Isso leva ao aparecimento de reveses ambientais que, por uma lógica sistêmica, atingem de forma desigual o espaço urbano (COELHO, 2000). Dessa forma, parte dos problemas ambientais está coadunada à condição social individual ou de uma coletividade humana.

De acordo com Coelho (2000), os problemas ambientais atingem muito mais os espaços físicos de ocupação de classes menos favorecidas do que os das classes mais elevadas, pois a distribuição espacial das primeiras está associada à desvalorização do espaço,

o que leva à ocupação de áreas irregulares e, conseqüentemente, aos impactos ambientais, tendo em vista que essas áreas são comumente de mananciais, de vegetação ripária, de nascentes, de APPs de bacias hidrográficas, entre outras, sendo este processo uma das formas mais visíveis da relação entre problemas sociais e ambientais.

Comumente, os impactos ambientais em áreas urbanas afetam os recursos hídricos e, em consequência disso, as áreas onde se localizam as bacias hidrográficas são primeiramente impactadas. Nessa perspectiva, o uso e ocupação do espaço urbano e das áreas das bacias hidrográficas e seu entorno possibilitarão, dependendo de como esse fenômeno se instaura, a existência de problemas ambientais que culminam na degradação dos recursos hídricos.

Com base na lei das águas (lei nº 9.433/97), a bacia hidrográfica é apontada como a unidade físico-territorial de planejamento e gestão ambiental. A lei se baseia nos seguintes princípios (art.1º):

I – a água é um bem de domínio público; II – a água é um recurso de valor natural limitado, dotado de valor econômico; III – em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais; IV – a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas; V – a bacia hidrográfica é a unidade territorial para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos; VI – a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do poder público, dos usuários e da comunidade (BRASIL, 1997).

Dessa forma, a bacia hidrográfica tem características que a torna uma unidade muito bem definida e permite a integração multidisciplinar entre diferentes sistemas de gerenciamento, estudo e atividade ambiental (TUNSIDI e TUNSIDI, 2011). Para os autores, “a bacia hidrográfica, como unidade de planejamento e gerenciamento de recursos hídricos, representa um avanço conceitual muito importante e integrado de ação” (p. 153). Dessa forma, “o conceito de bacia hidrográfica aplicada ao gerenciamento de recursos hídricos estende as barreiras políticas tradicionais (municípios, Estados e Países) para uma unidade física de gerenciamento, planejamento e desenvolvimento econômico e social” (p. 154).

Assim, as bacias hidrográficas influenciam a organização espacial e estiveram sempre relacionadas à sobrevivência do homem. No caso brasileiro, por exemplo, desde o período imperial que as bacias hidrográficas vêm sendo usadas na lógica do planejamento (LENCIONI, 2009), tendo em vista a dimensão social, natural, cultural e territorial que possuem. Nesse sentido, as alterações no uso do solo e a degradação ambiental são mais perceptíveis e pujantes nas bacias hidrográficas. Portanto, esses ambientes são áreas plausíveis para a identificação da relação, que é inconforme, entre sociedade e natureza.

Nesta perspectiva, são nas bacias hidrográficas que a dinâmica ambiental acontece e reflete positivamente ou negativamente, pois o corolário da organização sócio-espacial e territorial se materializa nelas ou em seus arrabaldes.

À vista disso, pela intensidade das ações nos espaços urbanos, os impactos ambientais em suas bacias hidrográficas são mais evidentes. As variáveis conjunturais e estruturais (de organização social, política e econômica) atuam fortemente quando se trata da realidade urbana e são responsáveis por várias formas diretas de poluição, contaminação e degradação ambiental, sobretudo em bacias de drenagem. Da mesma maneira, o conjunto de membros de uma determinada coletividade também contribui para o surgimento ou agravamento dessas problemáticas ambientais.

Para Carvalho (2013), a qualidade ambiental em bacias hidrográficas urbanas perpassa pelo equilíbrio ecológico entre a ocupação humana e os recursos naturais. Assim, a qualidade ambiental é um elemento a ser contemplado para que a qualidade de vida da população seja alcançada. Para o autor, é mais importante ainda proporcionar qualidade ambiental aos rios urbanos, pois são relevantes para o abastecimento público e, de igual forma, imprescindíveis para a dinâmica da drenagem urbana e da fruição da cidade.

Diante disso, essa dissertação tem como foco analisar e identificar espacialmente os elementos que materializam os problemas ambientais decorrentes do processo de uso e ocupação do espaço urbano no município de Aparecida de Goiânia com foco em duas bacias hidrográficas, a saber: a bacia hidrográfica do córrego Almeida e a bacia hidrográfica do córrego Santa Rita.

Para isso foi feita a análise dos impactos ambientais, avaliação da qualidade ambiental das nascentes e da condição ambiental do corpo hídrico e, por último, foi realizada a análise da qualidade físico-química e microbiológica das águas superficiais, a fim de compreender em que nível de degradação se encontra essas bacias hidrográficas e suas águas e, assim, propor efetivos para melhoria da qualidade ambiental, de forma a contribuir para a gestão de ambientes como esses no município.

Alguns objetivos foram traçados para desenvolver a pesquisa a fim de efetuar a análise ambiental das bacias hidrográficas:

Objetivo geral:

Avaliar a situação ambiental e identificar as alterações pertinentes nas bacias hidrográficas dos córregos Almeida e Santa Rita em Aparecida de Goiânia/GO a fim levantar propostas para a elaboração de efetivos ambientais no sentido de melhorar a qualidade ambiental desses e de outros ambientes.

Objetivos específicos:

- Ponderar sobre o processo de crescimento urbano e de uso e ocupação do solo urbano em Aparecida de Goiânia e relacionar com os problemas ambientais.
- Mapear e descrever a área das bacias hidrográficas dos córregos Almeida e Santa Rita.
- Avaliar a qualidade ambiental das nascentes das bacias hidrográficas dos córregos Almeida e Santa Rita.
- Identificar os impactos ambientais presentes nas bacias hidrográficas dos córregos Almeida e Santa Rita.
- Avaliar a condição ambiental do corpo hídrico das bacias hidrográficas dos córregos Almeida e Santa Rita.
- Analisar o estado químico, físico e microbiológico dos recursos hídricos das bacias hidrográficas dos córregos Almeida e Santa Rita, através da avaliação da qualidade das águas superficiais, verificando a ocorrência de acordo com a legislação vigente - Portaria 2.914 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011) e Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005).
- Propor ações e respostas para a solução dos problemas ambientais existentes, no sentido de contribuir para a melhoria da qualidade ambiental desses ambientes e de outros semelhantes a estes no município de Aparecida de Goiânia/GO.

Essa dissertação foi dividida em seis capítulos. No primeiro capítulo é feita a introdução do tema, apresentado a problemática de estudo, os objetivos gerais, os objetivos específicos e, de forma breve, aludido o que é tratado ao longo dos capítulos desta dissertação.

No segundo capítulo são levantados os aspectos teóricos que norteiam a pesquisa. Tendo em vista que o trabalho é geográfico e de análise ambiental de recursos hídricos em áreas urbanas, foram abordados temas como: geografia e meio ambiente, meio ambiente urbano, poluição hídrica e qualidade da água, sempre com foco em processos urbanos. O entendimento sobre a questão ambiental urbana é de suma importância para os

desdobramentos desta pesquisa, pois as bacias hidrográficas dos córregos Almeida e Santa Rita se encontram dentro da cidade e suportam os processos da intensa urbanização. Assim, procura-se entender de que forma a geografia contribui para a compreensão da realidade espacial e de como se materializam os impactos e as várias formas de degradação ambiental em áreas citadinas.

No terceiro capítulo é feita uma breve explanação sobre o município, abordando aspectos que vão desde sua fundação, demografia, economia, infraestrutura, ocupação e organização socioespacial no sentido de se entender em quais medidas e em que níveis o crescimento do município concorre para a degradação do meio ambiente, sobretudo em sua área urbana. Foram feitos levantamentos dos aspectos físicos do município como clima, geologia, geomorfologia e solos e, também, identificadas as principais formas de uso e ocupação do solo no município. As bacias hidrográficas dos córregos Almeida e Santa Rita também foram mapeadas e caracterizadas a fim de se compreender os fenômenos e processos ambientais que ocorrem na área.

No quarto capítulo são expostos os materiais e métodos utilizados, incluindo os de trabalho de campo. É descrito o desenvolvimento das atividades em campo, a forma e materiais de coleta e os procedimentos de análise da água. Essa etapa é importante, pois é a partir dela que se efetiva a pesquisa e obtêm-se os resultados.

No quinto capítulo são apresentados e discutidos os resultados da pesquisa de acordo com as teorias apresentadas, no diálogo com autores que trabalham com a temática. São apresentados resultados referentes aos impactos ambientais encontrados, a avaliação da qualidade ambiental das nascentes, a avaliação da condição ambiental do corpo hídrico e a análise das características físicas, químicas e microbiológicas da água.

No sexto e último capítulo são apresentadas as considerações finais e recomendações. São feitas reflexões sobre os problemas ambientais encontrados, sobre os níveis de poluição e degradação nas áreas de estudo e a relação com os processos de desenvolvimento urbano, aliados à dinâmica econômica e industrial e às políticas públicas municipais para recursos hídricos e meio ambiente urbano. Nesta parte da pesquisa, o desígnio é propor considerações que contribuam para elaboração de efetivos ambientais capazes de dirimir a situação de desequilíbrio ambiental, na perspectiva de que esta pesquisa sirva, também, para a gestão ambiental em outras áreas do município e para fomentar a elaboração de outros trabalhos acadêmicos e técnicos sobre a temática.

2 ASPECTOS TEÓRICOS

2.1 GEOGRAFIA E MEIO AMBIENTE

A geografia atual, enquanto ciência, se preocupa em entender e compreender como se estabelece a relação entre a sociedade e a natureza, sendo as ações humanas capazes, pela sua própria dinâmica, de transformar e alterar a natureza para atender suas necessidades. Isto resulta na substituição do meio natural por um meio cada vez mais artificializado pela própria sociedade, num processo que se pode chamar de socialização da natureza (SUERTEGARAY, 2006) ou artificialização da natureza (SANTOS 2009).

De acordo com Azambuja (2009) as ações humanas têm plenas condições de transformar os objetos naturais em sociais, isto é, “humanizar a natureza”. Nesse sentido, Suertegaray (2006) salienta a magnitude das ações humanas no tocante às mudanças por elas causadas no meio ambiente afirmando que “a presença do homem concretamente como ser natural e, ao mesmo tempo, como alguém oposto à natureza, promoveu/promove profundas transformações na natureza mesma e na sua própria natureza” (p. 6).

O destaque dado ao fato de a geografia atual estudar a relação entre a sociedade e a natureza ou a relação entre homem e meio, acontece em virtude dos caminhos traçados pela geografia enquanto ciência na compreensão do seu objeto de estudo e métodos de análise.

Mendonça (2004) afirma que a geografia pode ser dividida em dois momentos, um anterior à metade do século XX onde os estudos geográficos baseavam-se na descrição do quadro natural da Terra e o outro após esse tempo, principalmente a partir da década de 1960, onde as análises geográficas do ambiente passam a considerar a relação entre sociedade e natureza. Nesse sentido, no contexto atual:

É objeto de preocupação da Geografia de hoje conhecer cada dia mais o ambiente de sobrevivência do homem, bem como entender o comportamento das sociedades humanas, suas relações com a natureza e suas relações socioeconômicas e culturais. É, portanto, de interesse da Geografia apreender como cada sociedade humana estrutura e organiza o espaço físico-territorial em face das imposições do meio natural, de um lado, e da capacidade técnica, do poder econômico e dos valores socioculturais, de outro. (ROSS, 1995, p. 16).

A Geografia, tendo como objeto de análise o espaço geográfico, é uma ciência voltada para busca do entendimento de qual a melhor maneira para o arranjo social, econômico e espacial (de uso e ocupação) de determinada porção do espaço, de forma que as interações entre a sociedade e a natureza se deem de forma equilibrada. Da mesma forma, busca em seus estudos as possibilidades para resolver conflitos socioespaciais que

acarretaram/acarretam em desequilíbrios ambientais, bem como traça os caminhos para uma interação pragmática entre o desenvolvimento das forças produtivas e o meio em que estas se desenvolvem, no sentido de garantir a qualidade ambiental e assim a qualidade de vida das populações humanas nos diferentes contextos espaciais, principalmente nos urbanos.

Isto elucidada a ideia de meio ambiente em Geografia. Para Souza e Suertegaray (2007), o ambiente resulta “não somente de uma interface entre os processos naturais e a sociedade, mas também, e principalmente, de uma transfiguração proporcionada pelas técnicas ao intervirem nas formas e processos naturais” (p. 2).

Para Ajara (1993), ao se aproximar a noção de meio ambiente ao próprio conceito de espaço geográfico estão sendo superadas as frequentes dualidades postas em análises ambientais entre ecologia/economia, sociedade/natureza, meio físico-biótico/organização socioeconômica, proporcionando, assim, melhores formas de análise e entendimento das questões ambientais e sociais em sua totalidade.

Para Azambuja (2009) o meio ambiente é o espaço geográfico. Para Mendonça (2009) o espaço geográfico é formado por um rico e complexo mosaico de paisagens e tem, como gênese de sua diferenciação, tanto as construções próprias da natureza quanto a produção da sociedade humana.

Por este ponto de vista, o homem, na sua relação com o meio, a este se sobrepõe pela sua capacidade produtiva (de transformação) e, dentre as várias formas de produção do espaço está a econômica, baseada no desenvolvimento industrial, o qual fomentou o crescimento urbano em detrimento da diminuição da população rural, com consequentes desenvolvimentos em tecnologia, ciência e infraestruturas, todas elas ligadas direta ou indiretamente à dinâmica urbana.

Com o processo de urbanização vários problemas socioambientais foram surgindo. A urbanização recente no Brasil é caracterizada por um crescimento acelerado das cidades sem a devida estrutura que atenda a demanda populacional em constante aumento; pelo planejamento urbano inócuo para solucionar os problemas socioespaciais; pela concentração de pessoas, sobretudo as de baixa renda e em áreas periféricas ou sob forma de ocupações irregulares; pela segregação socioespacial; pela falta de saneamento ou ineficácia do sistema; etc. Todos esses fatores geram inúmeros problemas de cunho social e ambiental.

De acordo com Oliveira (2007):

Observados os elevados índices de população urbana atual, não se pode negligenciar o fato de que as mais importantes questões ambientais ocorrem nas cidades, pois aí estão as maiores concentrações de pessoas e de atividades econômicas com importantes desdobramentos para a vida urbana; assim, a discussão ambiental deve priorizar esse contexto (p. 51).

De acordo com Verona *et al* (2003) a cidade é a materialidade das interferências antrópicas mais marcantes de transformações da natureza. Ela representa o auge das relações sociais, possuindo, portanto, a capacidade de interferir em todos os ecossistemas. Vários setores urbanos apresentam limites sérios no que se refere à vida e à sobrevivência. Para os autores, a cidade tornou-se foco de pressões da população que precisa conviver com a decadência da qualidade de vida, fruto do próprio sistema criado pelo homem.

2.2 O MEIO AMBIENTE URBANO

A população urbana no Brasil era pouco mais de 50% em 1970, passando para 83% na virada do milênio (TUCCI, 2008). Porém, dado à dinâmica com a qual há a evolução das cidades e áreas metropolitanas, problemas de várias ordens têm surgido e se agravado. Os aspectos negativos do processo de urbanização abrangem formas socioeconômicas, institucionais, políticas e ambientais, sendo que todos os problemas advindos da dinâmica urbana atual afetam negativamente os recursos naturais em geral, principalmente as bacias hidrográficas urbanas e suas águas.

De acordo com Tucci (2008):

A urbanização concentrou a população no espaço sem um adequado planejamento e ocupação sustentável e com limitada infraestrutura de saneamento (água, esgoto sanitário, drenagem e resíduos sólidos). Os impactos resultantes são principalmente: (a) contaminação das fontes de abastecimento (mananciais); (b) contaminação dos sistemas hídricos urbanos por efluentes domésticos e pluviais e a produção de resíduos sólidos; (c) erosão e sedimentação com áreas degradadas; (d) áreas de risco de inundação, escorregamento; (e) proliferação de doenças (p. 71).

Nas cidades, inúmeras variáveis dão corpo à produção do espaço e, de alguma maneira, contribuem para resultados contraproducentes sobre o meio ambiente. Oliveira (2007) afirma que “[..] a capacidade de impacto ambiental nas cidades explica-se pela sua própria existência, pela proximidade espacial de seus habitantes e pela expansão urbana que se faz sobre o meio ambiente” (p. 39).

Variáveis como a segregação socioespacial, a pobreza, a miséria, os problemas de moradia, de infraestrutura (sobretudo saneamento), a ineficácia de políticas públicas para

diversas áreas, entre outras, direta ou indiretamente afetam o meio urbano, causando uma série de impactos ambientais.

De acordo com Oliveira (1998):

A cidade é a expressão mais exata das ações humanas sobre o meio físico, nela ficam registradas as marcas do tempo e da evolução urbana com seus aspectos sociais e econômicos. No âmbito desta evolução, emergem novas atividades, novos processos e novos fatores ambientais, resultantes da dinâmica ou da complexidade inerente a um sistema em progressão. Esta nossa apreensão sobre o meio ambiente urbano sugere uma compreensão da cidade como um sistema ou como um complexo de fatores associados e interativos: fatores naturais, urbanísticos, demográficos, sócio-culturais, econômicos e, por consequência, tecnológicos e produtivos. As inter-relações entre esses fatores se desdobram e vão delineando a configuração ambiental urbana e, também, a complexidade desta (p. 46).

Nesse sentido, o meio ambiente urbano é fruto das relações dos seres humanos com o espaço que produzem e com os recursos naturais em locais de elevada concentração populacional e de ações e atividades desenvolvidas que são constituídas e estão imbricadas pelos fluxos de energia e matéria na dinâmica que se interpõem pelo uso, ocupação e apropriação do espaço (relação entre espaço construído e natureza). Nesse aspecto, Oliveira (1998) afirma que:

A configuração do meio ambiente urbano se caracteriza pela circulação de energia e matéria (natureza física) e pela circulação e qualidade da informação (natureza social), ou seja, recursos naturais, quadro urbanístico, organização das atividades e qualidade da informação: energia, matérias-primas, serviços, tecnologia, produtos e resíduos, equipamentos, infraestrutura urbana, educação, saúde, saneamento, cultura, etc. (p. 47).

Nos grandes centros urbanos, o processo de urbanização leva ao crescimento das cidades em direção às periferias sendo essas formadas, em sua maior parte, pela população mais pobre, que é deslocada para as áreas menos valorizadas da cidade e, até mesmo, para locais inadequados para construção de suas habitações. É nesse sentido que Rodrigues (1988) se posiciona, quando afirma que “uma das formas da classe trabalhadora resolver seu problema de morar é comprando um lote em áreas da periferia pobre e geralmente em loteamentos clandestinos” (p. 29).

A falta de moradia nas cidades leva a problemas como ocupação de áreas de várzea, encostas de morros, áreas de preservação permanente, margens de córregos e rios, etc., fenômeno que acarreta impactos negativos nessas áreas, como a poluição decorrente do descarte inadequado dos resíduos sólidos diretamente nos corpos hídricos.

Comumente a essas formas de ocupação, nessas áreas o sistema de saneamento básico é ineficiente ou inexistente. Assim, o esgoto doméstico é efundido nos cursos d'água,

contaminando os corpos hídricos superficiais. Além desses fatores, podem existir acidentes em função dos deslizamentos de encostas ou enchentes nos períodos chuvosos, causando, até mesmo, perda de vidas humanas (GUERRA, 2011).

A maioria das cidades brasileiras não possui sistema de saneamento básico operativo, não só no que se refere à coleta de esgoto e/ou distribuição da água, mas principalmente no tratamento eficiente do esgoto e da água e da coleta e destinação apropriada dos resíduos sólidos produzidos na cidade. Isso gera uma série de problemas ambientais que, em sua maioria, comprometem a qualidade ambiental das bacias hidrográficas. Assim, em diversos trabalhos sobre a temática, as pesquisas mostram sempre inúmeros processos de poluição e contaminação do solo e água por resíduos sólidos (sobretudo lixo), esgotos domésticos, fluxos superficiais, efluentes industriais, entre outros fatores comuns aos espaços urbanos.

O sistema de saneamento deve atender às seguintes funções fundamentais: abastecimento de água às populações, com a qualidade compatível com a proteção de sua saúde e em quantidade suficiente para a garantia das condições básicas de conforto; coleta, tratamento e disposição ambientalmente adequada e sanitariamente segura de águas residuárias; acondicionamento, coleta, transporte e destino final dos resíduos; coleta de águas pluviais e controle de empoçamentos e inundações; controle de vetores de doenças transmissíveis; saneamento dos alimentos; saneamento dos meios de transporte; saneamento e planejamento territorial; saneamento da habitação, dos locais de trabalho, de educação, de recreação e dos hospitais e ao controle da poluição ambiental – água, ar, solo, acústica e visual (GUIMARÃES *et al*, 2007).

O saneamento ambiental urbano é fator imprescindível para a manutenção e conservação dos recursos naturais e também da saúde pública. Outros condicionantes como asfaltamento, limpeza urbana, leis ambientais, planejamento ambiental, quando em falta ou se ineficientes, contribuem para a perda da qualidade ambiental nos espaços citadinos.

Aliado a esses fatores, o sistema educacional das cidades brasileiras contribui pouco para fomentar um pensamento crítico e participativo da população no sentido da preservação e conservação ambiental, principalmente no que se refere ao ensino formal dentro das instituições escolares, sobretudo quando se trata da Educação Ambiental. Nesse ponto de vista, Forsberg *et al* (2009) afirmam que:

As atividades de Educação Ambiental não são aplicadas no cotidiano de um ensino formal, mas ocorre oportunamente ou em datas referentes ao meio ambiente,

demonstrando assim que a Educação Ambiental, salvo exceções, está ainda ausente da vida cotidiana da escola (p. 2).

Uma Educação Ambiental efetiva é fator que se coloca como um grande desafio a ser vencido, pois é caminho palpável para resolução de parte considerável dos problemas ambientais urbanos, tendo em vista que a poluição e contaminação por resíduos sólidos (lixo, entulho e outros) e líquidos (esgoto), poluição sonora, poluição do ar (queimadas, fogueiras pontuais), etc., são provenientes de ações deletérias por parte dos cidadãos.

Para Botelho (2011), os problemas ambientais, sobretudo a degradação e poluição que ocorre em bacias hidrográficas urbanas é fruto do desencontro entre causa e efeito e, “tal desencontro está fundamentado no comportamento humano diante dos efeitos decorrentes de suas ações no ambiente” (p. 78).

A educação ambiental é capaz de elucidar questões como responsabilidade, participação, conhecimento e ação diante dos problemas encontrados e vivenciados por todos no que diz respeito ao meio ambiente e, assim, suscita ações conscientes que contribuem para a manutenção da qualidade de vida, do meio ambiente, da preservação e manutenção dos recursos naturais.

Do ponto de vista das abordagens postas, o intenso processo de urbanização, pelo qual as cidades em toda parte do mundo passam atualmente, tem gerado problemas ambientais. Os impactos nos recursos naturais são frutos de uma dinâmica intensa de aumento da população urbana (sobretudo as de baixa renda), especulação imobiliária, políticas públicas incoerentes, falhas no sistema educacional, além de outros fatores como o processo de valorização do espaço, desenvolvimento industrial, ampliação do capital, e fortalecimento da relação entre capital x trabalho.

Quanto maior desenvolvimento econômico-industrial, maiores são os níveis de poluição, contaminação e degradação ambiental. Santos (1992), afirma que “hoje a ação antrópica tem efeitos continuados e cumulativos graças ao modelo de vida adotado pela humanidade” (p. 3). O autor se refere a esse modelo de desenvolvimento tecnológico e científico que marca a forma como os espaços urbanizados vão se configurando.

O “desenvolvimento” das cidades tende a ser voltado majoritariamente para a dinâmica econômica em detrimento do desenvolvimento social, havendo, na verdade, somente crescimento econômico direcionado aos setores que mantém a sustentabilidade financeiramente de determinados espaços. Nessa perspectiva, as cidades são caracterizadas pelo fomento de estruturas econômicas (infraestrutura complexa) e pelo colapso das estruturas

sociais (infraestrutura básica) sendo, assim, conduzidas por um crescimento desordenado que gera problemas ambientais, conforme afirma Martins (apud LINO, 2013):

A expansão urbana desordenada, que ocorre em praticamente todos os municípios brasileiros, tem causado inúmeros impactos ambientais, tais como contaminação do solo, dos recursos hídricos e dos recursos atmosféricos. Conseqüentemente, as bacias hidrográficas sofrem expressivas alterações, devido à retirada da cobertura vegetal nativa, impermeabilização do solo, alterações no relevo (cortes e aterros), canalizações de rios e córregos, contaminação e poluição por resíduos sólidos e líquidos, entre outros (p. 19).

O grande problema da atual forma de organização dos espaços urbanos é o crescimento com planejamento ineficaz ou até mesmo inexistente. As políticas para o desenvolvimento local e regional nas cidades brasileiras tem dado pouca importância para as questões ambientais, principalmente aquelas relativas aos recursos hídricos, mesmo com magnitude do problema da água no contexto atual.

De acordo com Cordeiro (2009) os recursos hídricos estão sofrendo a influencia do processo de uso insustentável e ocupação desordenada do solo que, aliados aos problemas socioeconômicos, criam as condições para que áreas destinadas à preservação ambiental e manutenção do equilíbrio hídrico sejam utilizadas como alternativa de moradia ou recebam outros tipos de ocupação, inclusive as de atividades econômicas como indústrias, comércios, entre outros.

Nesse sentido, o planejamento urbano que considere o meio ambiente contribuiria para a diminuição dos impactos negativos e dos elevados níveis de degradação dos recursos naturais. Nesta perspectiva, Botelho (2011) afirma a necessidade de se desenvolver novas formas de ocupação, novos materiais, novas técnicas, novas leis, para que sejam estabelecidas novas relações de uso e ocupação do espaço urbano.

2.3 POLUIÇÃO HÍDRICA

As ações antrópicas incidem diametralmente e em várias proporções nas bacias hidrográficas, afetando as águas e interferindo no ciclo hidrológico em geral. Como exemplo disso pode-se destacar o desmatamento, o desvio de cursos d'água, a canalização dos corpos hídricos, as construções, entre vários outros. Dentro do espaço urbano a construção de habitações, o asfaltamento e o calçamento das ruas são os principais vetores que levam à impermeabilização do solo, dificultando a infiltração da água e a recarga do lençol subterrâneo, afetando o ciclo hidrológico de forma contraproducente.

Nas áreas urbanas a diversidade de caminhos do sistema natural é reduzida ao binômio escoamento e infiltração, com maior participação do fator escoamento (BOTELHO, 2011). De acordo com a autora as bacias hidrográficas urbanas são marcadas pela diminuição do tempo de concentração de suas águas e pelo aumento dos picos de cheias, quando comparadas às condições anteriores à urbanização.

Consequentemente, córregos e rios urbanos recebem cargas excessivas de água, principalmente em períodos de chuva, provocando enchentes, inundações e outras disfunções, além de servir de receptáculo para resíduos sólidos e líquidos das mais diversas fontes e naturezas, elementos esses que contribuem para a aceleração do processo de assoreamento do leito dos rios e córregos, fator que diminui, consideravelmente, a vazão dos corpos hídricos e contribui para a perda da quantidade e qualidade da água.

De acordo com Araújo (1997), a poluição ocorre em três momentos diferentes que ela denomina de 1ª, 2ª e 3ª fase. A 1ª fase ocorre da geração e emissão de poluentes pelas diversas fontes poluidoras existentes; a 2ª fase ocorre do transporte e da difusão desses poluentes no ambiente. Nesta fase, as águas e os ventos, dentre outros fatores, têm papel preponderante; a 3ª fase ocorre do contato dos poluentes com o homem, os animais, os vegetais, os bens materiais, etc., prejudicando, direta ou indiretamente, o homem, ficando assim caracterizada a poluição ambiental.

Com relação aos processos e fatores que levam à poluição das águas, Araújo (1997) destaca três razões principais: a primeira está relacionada ao elevado grau de urbanização aliado à falta de saneamento básico; a segunda está relacionada ao desenvolvimento industrial e seus despejos complexos, os quais conduzem os mais variados poluentes; a terceira razão diz respeito à necessidade cada vez maior e mais intensa da produção agrícola, que resulta numa carga mais pesada de pesticidas e fertilizantes transportada pelas águas. Para a autora, o resultado disso é um aumento significativo da poluição dos rios, riachos, lagos e praias e, também, com grande intensidade, as fontes naturais de águas subterrâneas.

Para a autora os principais poluentes e contaminantes das águas são: a matéria orgânica, os óleos, os sólidos em suspensão e sedimentos, a temperatura, os nitratos, os fosfatos, as bactérias, os ácidos e os metais, conforme pode ser visto no Quadro 1 que segue.

Quadro 1 - Fontes de poluição

Poluente	Origem	Efeito	Indicador de poluição
Matéria Orgânica	Esgotos domésticos e alguns efluentes industriais (alimentos, papel, Têxtil).	Reduz drasticamente o nível de oxigênio dissolvido. Por longos períodos causa mudanças na flora e fauna. Podem ser tóxicas.	DBO – e DQO
Óleos	Vazamento em tanques de estocagem, acidentes, efluentes de postos, oficinas.	Impede a absorção de oxigênio, o nível deste cai, inibindo a vida aquática. É tóxico para animais e plantas.	Óleos e graxas.
Sólidos (em suspensão e sedimentáveis)	Esgotos domésticos e alguns efluentes industriais (argilas, carvão, porcelana).	Aumenta a turbidez, diminui a penetração de luz e a taxa de fotossintética. Partículas finas sufocam as águas, modificando o ecossistema. Causam assoreamento.	SS – sólidos suspensos, RS – resíduos sedimentável, Turbidez.
Temperatura	Água de resfriamento industrial.	Elevação da temperatura da água, reduzindo o nível de OD, ao mesmo tempo em que aumenta a atividade química biológica.	T – temperatura
Nitratos	Uso de fertilizantes, efluentes de ETE, percolação em lixões.	Causa crescimento excessivo de algas e plantas aquáticas daninhas, contribui para a eutrofização das águas. Tóxico para os homens.	NO ₃ – Nitratos.
Fosfatos	Uso de fertilizantes e detergentes fosfatados. Indústria de alimentos.	Eutrofização das águas.	PO ₄ – Fosfatos
Bactérias	Esgoto doméstico e hospitalar. Despejos de indústrias alimentícias.	Poluição fecal. Bactérias patogênicas encontrados nos esgotos podem causar doenças nos homens e nos animais.	IC – índice de Coliformes
Ácidos e álcalis	Despejos industriais, chuva ácida, escoamento em solos ácidos ou alcalinos.	Tóxico para a vida aquática. Interfere na atividade química e biológica.	pH – Potencial hidrogeniônico
Metais	Agrotóxicos, despejos industriais, percolações em lixões, chumbo das canalizações.	Tóxicos ao homem. Acumula-se nos ossos (chumbo), no sistema nervoso atacam a medula óssea. Biomagnificação. Reduzem a capacidade de autodepuração das águas.	Metais

Fonte: Araújo (1997) - Adaptado por Belizário, W. (2014)

Dentre os poluentes apresentados acima, a matéria orgânica, os sólidos, os nitratos, os fosfatos, as bactérias e os metais são bem característicos de atividades desenvolvidas em áreas urbanas, responsáveis por relevante quantidade de cargas poluidoras em águas superficiais nesses espaços.

A poluição que atinge os corpos hídricos pode ser de dois tipos: pontual e difusa. As cargas pontuais se devem a efluentes industriais, esgoto doméstico e água pluvial. Com frequência atingem um ponto específico de um curso hídrico, sendo mais plausível a sua identificação, coleta, tratamento e controle. As cargas difusas se devem ao escoamento rural-urbano distribuído ao longo das bacias hidrográficas e, ao contrário da poluição pontual, é mais complexa a identificação da sua origem e o posterior tratamento e controle.

Corroborando com esse pensamento, Souza (2012) afirma que as fontes de poluição pontual têm como principal característica a localização definida, advinda de origens como lançamento de esgotos domésticos, lixiviados, efluentes industriais, escoamentos superficiais de indústrias ou áreas de deposição de resíduos sólidos. Sobre as cargas difusas o autor afirma que elas:

[...] entram nos corpos receptores difusamente e de forma intermitente, e o efeito de escala proporcional com a extensão das áreas de origem, podendo ser proveniente do aquífero freático, do escoamento subsuperficial ou superficial direto. Há dificuldades em monitorar as fontes difusas, pois dependem do mapeamento do uso e ocupação do solo na bacia, dada a relação intrínseca do solo drenado e a qualidade da água. (SOUZA, 2012, p.23).

Rocha *et al* (2009) determinam nomenclaturas diferenciadas. Eles ponderam 3 tipos de fontes de poluição: as fontes pontuais, que são as redes de efluentes domésticos e industriais, derramamentos acidentais, atividades de mineração, etc; as fontes não-pontuais, decorrentes de práticas agrícolas, deposições atmosféricas, trabalho de construção, enxurradas em solos, etc.; e as fontes lineares, que são as enxurradas em autoestradas.

Para esses autores as características das fontes de poluição “podem variar amplamente desde pontos bem definidos (que podem ser simples ou múltiplos) ou emissões difusas (originadas de pequenos pontos múltiplos) ou emissões de gases (indústrias, residências) ou escoamento de rodovias” (p. 53). Ainda conforme Rocha *et al* (2009) as fontes pontuais resultam de cargas diretas e as não-pontuais resultam em deposições parciais dos poluentes antes de atingirem os mananciais, sendo a concentração dos contaminantes nesse tipo de poluição variável espacialmente e temporalmente.

Para Libâneo (2010), a poluição pode adquirir caráter perene, acidental ou sazonal. Ele considera que a poluição das águas naturais pode ocorrer de duas formas: a que advém da

emissão de substâncias estranhas de forma direta pelas atividades antrópicas como o descarte de efluentes domésticos e industriais; e aquelas que são incididas de forma indireta, mesmo sendo por atividades antrópicas, como aporte de sedimentos ou agrotóxicos pela lixiviação dos solos.

Tucci (1998) ainda considera outros tipos de cargas de poluição que são as fontes mistas. Para ele as fontes mistas são aquelas que englobam características das fontes pontuais e das fontes difusas, como aquelas decorrentes do escoamento urbano, que podem atingir lugares longínquos levando contaminantes e poluentes originários de outros locais. Da mesma forma o lixo pode ser proveniente de áreas distantes e afetar um local diferente de onde foi lançado, sobretudo a jusante. Outro exemplo são os efluentes industriais que quando emitidos com tratamento ineficaz ou sem nenhum tratamento nos cursos d'água são transportados e atingem outros locais, afetando populações diferentes daquelas dos locais nas quais foram produzidos. Essas fontes têm essas características, mas podem ser verificadas, também, pontualmente e identificada a fonte quando da detecção do momento do lançamento, através de mapeamento e outros tipos de pesquisa (Quadro 2).

Quadro 2 - Fontes de poluição e sua significância

Fontes	Bactéria	Nutriente	Pesticidas/herbicidas	Micropoluentes orgânicos industriais	Óleos e graxas
Atmosfera		1	3-G	3-G	
Fontes pontuais					
Esgoto doméstico	3	3	1	3	
Efluentes industriais		1		3-G	2
Fontes difusas					
Agrícolas	2	3	3-G		
Dragagem		1	2	3	1
Navegação e portos	1	1		1	3
Fontes mistas					
Escoamento urbano e depósitos de lixo	2	2	2	2	2
Depósitos de cargas industriais		1	1	3	1
Legenda: (1) Fonte de significância local. (2) Fonte de moderada significância local/regional. (3) Fonte de significância regional. (G) Fonte de significância global.					

Fonte: Tucci (1998) - Adaptado por Belizário, W. (2014)

A poluição da água está ligada à forma como se dá o desenvolvimento econômico (agrícola, industrial) e urbano. Embora a produção agrícola seja responsável por elevadas cargas poluidoras, nas cidades, com seu processo de urbanização acelerada e mal planejada, com suas zonas industriais, com a destruição das suas áreas naturais, entre outros, aumenta-se significativamente o processo de poluição das águas, sendo necessárias ações para atenuar impactos nos recursos hídricos.

Conter a poluição significa preservar a qualidade da água, pois assim evita-se a contaminação dos corpos hídricos. Para Libâneo (2010) poluição indica a ocorrência de alterações prejudiciais no meio aquático e no momento em que estas se tornam fatores de risco para os elementos da biota e seres humanos que dele fazem uso, a poluição passa a se chamar contaminação.

Os recursos hídricos são de extrema importância para o desenvolvimento econômico e social, além de terem grande significância geológica no que se refere à manutenção do equilíbrio dos sistemas naturais. É, portanto, eminentemente relevante o controle da poluição e a promoção de ações que minimizem a concentração de poluentes nos corpos hídricos, principalmente em áreas urbanas, no sentido de se manter o equilíbrio ambiental através da melhoria e preservação da quantidade e qualidade das águas.

2.4 QUALIDADE DA ÁGUA

Atualmente, há uma demanda pela água muito elevada e, em virtude do crescimento populacional, econômico e industrial, essa demanda aumenta substancialmente. Porém, a disponibilidade de água própria para o consumo não tem acompanhado esse ritmo. Isso leva a uma crise com relação a acessibilidade à água doce, fato que têm-se agravado ainda mais por causa dos elevados níveis de poluição e contaminação desse recurso. Para D'Agostini *et al* (2013) ao se pensar na questão da água deve-se considerar tanto quantidade, qualidade e a regularidade na quantidade e qualidade das águas.

As alterações que as ações antrópicas podem provocar no meio natural modificam as características da água e provocam desequilíbrios suficientes para gerar problemas de grandes magnitudes resultantes da degradação e contaminação dos recursos hídricos. De acordo com Barros e Amim (2007):

A quantidade e a qualidade dos recursos hídricos, em condições naturais, dependem do clima e das características físicas e biológicas dos ecossistemas que a compõem.

A interação contínua e constante entre a litosfera, biosfera e atmosfera, acabam definindo um equilíbrio dinâmico para o ciclo da água, o qual estabelece, em última análise, as características e as vazões das águas. Esse equilíbrio depende, entre outros, das quantidades e distribuição das precipitações; do balanço de energia (a quantidade da água que é perdida através da evapotranspiração, da energia solar disponível, da natureza, da vegetação e das características do solo); da natureza e dimensão das formações geológicas (controla o armazenamento da água no solo, no subsolo e determina o fluxo de base dos afluentes e do canal principal); e da vegetação natural que cobre a área (controla o balanço de energia, a infiltração da água, a evapotranspiração e a vazão final). Dessa forma, qualquer modificação nos componentes do clima ou da paisagem alterará a quantidade, a qualidade e o tempo de residência da água nos ecossistemas e, por sua vez, o fluxo da água e suas características. (p. 89)

As principais fontes de poluição que alteram a qualidade das águas são: (1) os esgotos sanitários, que são águas servidas, utilizadas para higiene pessoal, cocção de alimentos e lavagem de utensílios. Originam-se em prédios residenciais, comerciais, administrativos, hospitalares e industriais e são constituídos por matéria orgânica biodegradável, microorganismos, nutrientes, óleos, graxas e detergentes. (2) as águas residuárias industriais, que são resultantes das atividades produtivas nas fábricas ou indústrias, como as águas de processo (que tem contato com a matéria prima do produto processado), águas de refrigeração (usadas para o resfriamento) e águas sanitárias (efluente de banheiros e cozinhas). (3) resíduos sólidos, que são os rejeitos originados de atividades industriais, hospitalares e agricultura, sendo, a composição do lixo, dependente de fatores como o nível educacional, poder aquisitivo, hábitos e costumes da população (BENETTI; BIDONE, 1997).

Ainda de acordo com os autores, somam-se a isso as águas de drenagem urbana ou águas pluviais, que possuem alto poder de lavagem sobre o solo, conduzindo aos cursos d'água impurezas e detritos encontrados nas ruas e pavimentos; as fontes acidentais, as quais abrangem situações em que não há um despejo contínuo de poluentes no ambiente, incluindo acidentes ocorridos em depósitos de produtos perigosos, derramamento de óleo, explosões radioativas, entre outros; e as fontes atmosféricas, que são decorrentes da queima de combustíveis fósseis, quando o óxido de enxofre e nitrogênio são precipitados na forma de chuva ácida e atingem os cursos d'água, poluindo e contaminando esse recurso natural.

O quadro abaixo mostra as várias fontes geradoras de poluição que em função das atividades antrópicas alteram a qualidade e a quantidade de água nos sistemas naturais (Quadro 3).

Quadro 3 - Fontes geradoras de poluição

	Fontes de poluição		Poluentes
Deposição atmosférica	A transferência de substâncias no ar, para superfícies, incluindo o solo, vegetação, águas de superfície ou superfícies internas, por processos secos ou molhados.	Indústria: Óxido de enxofre e material particulado.	Enxofre, metais, pesticidas, compostos orgânicos, fungos, pólen, nutrientes, cinzas e compostos químicos como óxidos, nitritos e nitratos, fosfatos, cloretos, fluoretos e silicatos, entre outros.
Uso e ocupação do solo			Poluentes
O uso da terra é um fator chave que influencia na diferenciação da carga que chega ao escoamento superficial. As amostragens das análises feitas focam em determinadas áreas, tais como: urbanas, residenciais, industriais, estradas refletindo suas próprias características de superfície, mas não representam uma poluição total quando uma área inclui mais de dois tipos de uso dos solos.			Metais, pesticidas, fertilizantes, hidrocarbonetos aromáticos, e inúmeros contaminantes que agregados às partículas de solo contaminam a água.
	Fontes de poluição		Poluentes
Área urbana	O acúmulo de poluentes nas ruas pode ser gerado por resíduos deixados por veículos, desgaste de material de freio, pneus, restos de vegetação, dejetos de animais, lixo e partículas do solo como areia e argila. Esses materiais acumulam-se nas guias e sarjetas.	A poeira da estrada é composta pelos mais variados poluentes. Os mais comumente encontrados são cobre, níquel, zinco, chumbo, cádmio e cromo, considerados de grande toxicidade.	Sólidos em suspensão, hidrocarbonetos, aromáticos policíclicos, fosfatos, éteres, metais pesados, etc.
	Fontes de poluição		Poluentes
Áreas agrícolas	O escoamento superficial em áreas agrícolas pode transportar nutrientes químicos e metais associados a partículas como fósforo, nitrogênio orgânico e metais aplicados com alguns resíduos orgânicos.		Sólidos orgânicos particulados, materiais consumidores de oxigênio, bactérias, vírus e outros nutrientes associados a resíduos orgânicos, sais, nitrogênio, fósforo, metais e nutrientes principais e secundários.

Fonte: Souza (2012) - Adaptado por Belizário, W. (2014)

A alteração da qualidade e quantidade da água está relacionada a fatores comumente encontrados nos mais diversos espaços como o lançamento de resíduos da produção agrícola e industrial. Outros fatores aliados a esses vão intensificar esse processo em áreas citadinas como o lançamento de esgoto doméstico, o escoamento das águas pluviais, o lixo, o entulho, o desmatamento, as erosões e o assoreamento.

A identificação da qualidade da água está relacionada à mensuração de alguns parâmetros os quais, se em valores elevados, representam alterações que impossibilitam o uso da água para os diversos usos. Parâmetros como potencial hidrogeniônico da água, temperatura, condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais, alcalinidade, concentração de sólidos em suspensão, turbidez, oxigênio dissolvido, oxigênio consumido, dureza, cloretos, cor, ferro, CO₂ livre, coliformes totais e termotolerantes, bactérias heterotróficas, entre outros, são os mais utilizados para a determinação dos padrões de qualidade das águas.

2.4.1 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)

Os valores de pH são de grande valia ambiental porque os sistemas naturais estão passíveis aos impactos provocados em virtude de suas variações. Muitas bactérias não podem se proliferar em níveis de pH abaixo de 4,0 ou acima de 9,5 sendo que, geralmente, o pH ótimo para o crescimento bacteriano está entre 6,5 e 7,5. Dessa forma, um estudo rigoroso dos níveis de pH faz-se necessário para avaliar a viabilidade da vida em qualquer ambiente aquático.

A alteração do pH se dá em função da concentração do íon H⁺ originado da dissociação do ácido carbônico, um dos responsáveis pela sua acidez, bem como pela lixiviação das rochas, erosão de áreas agrícolas ou ainda pode ser alterado pelo despejo de efluentes industriais e domésticos (PAULA, 2011). Para Benetti e Bidone (1997), o nível do pH pode dar características corrosivas à água, pode alterar a coagulação química e sedimentação de materiais, alterar os processos biológicos e químicos no meio aquático, entre outros fatores.

Para Mendes e Oliveira (2004) o pH da água é influenciado pela origem e natureza dos terrenos por onde a água passou. Para eles, as águas superficiais podem, como consequência da atividade biológica das algas, apresentar, em especial no verão, valores de pH anormalmente elevados. A elevação da temperatura, nesses momentos específicos, pode alterar as características físicas da água.

2.4.2 TEMPERATURA

Para Benetti e Bidone (1997) a temperatura pode ser considerada a característica mais importante do meio aquático, pois caracteriza grande parte dos outros parâmetros físicos da água como a densidade, viscosidade, pressão de vapor e solubilidade dos gases dissolvidos. Para os autores, a temperatura exerce influencia sobre as reações químicas que acontecem na água.

Para Paula (2011) a temperatura da água varia de acordo com a temperatura do ar e da cobertura vegetal na sua proximidade. Gastaldini (2003) coloca que os corpos d'água apresentam variações de temperatura, de acordo com a flutuação das condições atmosféricas. Para essa autora, a temperatura influencia processos físicos, químicos e biológicos em corpos d'água, afetando as concentrações de diversas variáveis.

O aumento da temperatura é acompanhado pelo aumento da velocidade de reações químicas e por redução da solubilidade de gases na água. O aumento da temperatura causa o aumento da demanda de oxigênio e o aumento da decomposição de matéria orgânica. Na presença de nutrientes, a elevação da temperatura resulta em aumento de crescimento de macrófitas e da floração de algas. Tudo isso implica em diminuição do oxigênio no meio aquoso.

2.4.3 CONDUTIVIDADE

A condutividade é a medida da habilidade que a água tem de conduzir corrente elétrica. Esta habilidade depende da presença de íons, de suas concentrações, valências e da temperatura. A condutividade elétrica permite avaliar a quantidade de sólidos totais dissolvidos (TDS) que representa a medida dos íons na água e, assim, avaliar a capacidade de condução.

Para Paula (2011) a mobilidade e a condutividade dos íons aumentam com a temperatura e a pressão e diminuem quando a água é congelada, ou seja, quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica da água.

De acordo com Mendes e Oliveira (2004) a condutividade permite avaliar o grau de mineralização da água. Esse fato resulta da relação existente entre o teor em sais minerais dissolvidos na água e a resistência que ela oferece à passagem da corrente elétrica. A origem

desses sais é diversa, podendo resultar da lixiviação dos solos, dos efluentes domésticos e industriais e até mesmo serem veiculados via dinâmica atmosférica.

2.4.4 SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS

Os sólidos totais dissolvidos representam a quantidade de substâncias dissolvidas na água que direta ou indiretamente alteram a qualidade dessa água. A grande quantidade de sólidos dissolvidos em água altera as características de sabor e acidez da água. De acordo com Trentin e Bostelman (2010), “altos teores de sais minerais, particularmente sulfato e cloreto, estão relacionados à tendência de corrosão dos sistemas de distribuição, além de conferir sabor às águas” (p. 64).

2.4.5 SALINIDADE

A salinidade é a quantidade de sal presente na água. A salinidade é importante para o desenvolvimento dos ecossistemas, sobretudo para a flora, pois contribuem para o crescimento das plantas. Íons como cálcio, magnésio, sódio, potássio, bicarbonato, sulfato e cloreto são os formadores de sais nas águas. Para Rocha *et al* (2009), os sais dissolvidos na água encontram-se em quantidades relativamente pequenas, contudo bastante significativas. Esses sais se originam da dissolução ou intemperização das rochas e solos, dissolução lenta do calcário, gesso e outras rochas.

2.4.6 SÓLIDOS SUSPENSOS

Sólidos suspensos são partículas transportadas pela água decorrentes de processos de desgaste das rochas e também da presença de materiais biológicos. Para Gastaldini (2003), sólidos suspensos correspondem aos resíduos de porte considerável. Estes podem provocar a turbidez da água, gerando problemas estéticos e prejudicando a atividade fotossintética das plantas.

Para Trentin e Bostelman (2010) a poluição dos corpos d'água por sólidos em suspensão pode causar danos à vida aquática, com a diminuição da incidência de luz, aumento da sedimentação no leito dos rios, destruindo organismos que oferecem alimentos ou também

danificar os leitos de desova de peixes. De acordo com os autores, os sólidos podem reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo a decomposição anaeróbica.

2.4.7 TURBIDEZ

A turbidez em águas é causada pela presença de partículas em suspensão e colóides, tais como argila, lama, matéria orgânica e inorgânica finamente dividida, plâncton, organismos microscópicos e outros. Para Mendes e Oliveira (2004) a turbidez, também chamada de turvação, é devido à presença em suspensão de materiais diversos finamente divididos, tais como argilas, grãos de areia, colóides, plâncton, matéria orgânica, etc.

Para Cavalcanti (2010) a turbidez representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo-lhe uma aparência turva. Para a autora, a turbidez de origem natural não representa riscos, porém é esteticamente desagradável e pode servir de abrigo para microrganismos patogênicos. Já a turbidez de origem antrópica pode estar associada a compostos tóxicos e diretamente a microrganismos patogênicos. A turbidez reduz a penetração da luz, o que prejudica a fotossíntese e diminui a quantidade de oxigênio na água.

2.4.8 OXIGÊNIO DISSOLVIDO

O oxigênio é um elemento importante para a manutenção da vida de todas as espécies aquáticas, incluindo organismos responsáveis pela autodepuração em águas naturais. A quantidade de oxigênio dissolvido na água depende da temperatura, salinidade, turbulência, atividade fotossintética de algas e plantas e da pressão atmosférica (GASTALDINI, 2003).

Mendes e Oliveira (2004) afirmam que o oxigênio está presente no meio hídrico sob forma de gás dissolvido, de maneira combinada na molécula água. Está presente também na matéria em solução e em suspensão, quer ela seja orgânica ou não. O oxigênio que se encontra dissolvido é um fator determinante da qualidade da água e dos processos físicos, químicos e biológicos que nela se desenrolam.

De acordo com Rocha (2009), a presença de oxigênio dissolvido na água é essencial para vários organismos aquáticos, nos processos metabólicos de bactérias aeróbicas e outros micro-organismos responsáveis pela degradação de poluentes nos sistemas aquáticos, os quais utilizam oxigênio como receptor de elétrons.

2.4.9 OXIGÊNIO CONSUMIDO

O oxigênio consumido se refere à quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica (CETESB, 1983) ou mesmo inorgânica que seja oxidável. A matéria orgânica no meio natural é decorrente (dentre outros fatores) da lixiviação dos solos pelas chuvas e das águas de rolamento superficial que fluem para os cursos d'água (DIAS; LIMA, 2004).

2.4.10 DUREZA

A dureza refere-se à quantidade de concentração de íons de alguns minerais dissolvidos na água sendo os mais frequentes cálcio e magnésio e outros menos frequentes como bário, manganês, zinco, estrôncio, ferro ou alumínio. A dureza da água pode ser permanente ou temporária, sendo isso resultante do teor de sulfatos, cloretos e nitratos no primeiro caso e ao teor de bicarbonatos de cálcio e magnésio no segundo (BLUMBERG; NETTO, 1956).

A dureza varia geograficamente dada à natureza geológica dos terrenos que a água atravessa e com os quais tem contato. A água dura geralmente está associada a zonas onde os solos são de natureza calcária ou dolomítica. Já a água mole ou macia está relacionada a zonas onde os solos são de natureza granítica ou basáltica. A dureza não interfere negativamente na saúde humana, porém está associada ao gosto desagradável em águas que possuem grau de dureza elevada.

2.4.11 CLORETOS

Os cloretos são ótimos indicadores de contaminação da água. Eles são oriundos dos esgotos sanitários (que ultrapassam a 15 mg/L), de efluentes industriais (principalmente as de petróleo, farmácia e curtumes) e pela adição de cloro puro em águas tratadas. O cloreto não é nocivo aos seres humanos exceto no caso de pessoas com deficiência cardíaca congestiva, mas provoca alterações no sabor da água, tornando-a salgada (CETESB, 2009).

2.4.12 COR

A cor da água está relacionada à presença de sólidos dissolvidos, principalmente em estado coloidal. Esses sólidos reduzem a intensidade da luz na água impedindo ou dificultando-a de atravessar o meio aquoso. Dentre os colóides orgânicos os mais comuns são aqueles presentes em folhas e outros substratos decompostos.

Os esgotos domésticos e efluentes industriais também apresentam matéria orgânica e inorgânica em estado coloidal. Os compostos inorgânicos capazes de causar cor na água são principalmente os óxidos de ferro e manganês e outros metais resultantes do lançamento de efluentes industriais (CETESB, 2009).

2.4.13 FERRO

Ferro é um indicador de contaminação da água por efluentes industriais, pois grandes quantidades de ferro estão relacionadas ao lançamento desses efluentes sem tratamento. A concentração de ferro pode se elevar nas águas superficiais devido ao carreamento do solo e erosões nas margens dos rios que levam o solo rico em ferro para o leito em função das atividades econômicas.

2.4.14 CO₂ LIVRE

CO₂ livre é um indicador de contaminação da água por efluentes domésticos e/ou industriais. O aumento do CO₂ está relacionado ao processo de decomposição de matéria orgânica na água, e este aumenta quando o ambiente se encontra contaminado por efluentes domésticos e industriais. Quanto mais matéria orgânica, maior o índice de CO₂ livre que consequentemente eleva a acidez da água.

2.4.15 COLIFORMES TOTAIS

Os coliformes totais e termotolerantes são parâmetros microbiológicos importantes na indicação de contaminação das águas. A presença destes na água mostra que houve poluição por efluentes domésticos, sendo responsáveis por diversos tipos de doenças em humanos, sobretudo as intestinais. A diferença básica entre os coliformes totais e termotolerantes é que estes últimos fermentam lactose com produção de gás, tendo a

Escherichia Coli seu principal representante (CONTE *et al*, 2004), e quando encontrada em corpo hídrico indica que há lançamento de efluente doméstico.

2.4.16 BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS

As bactérias heterotróficas são microrganismos que requerem carbono orgânico como fonte de nutrientes. Podem ter origem fecal ou da flora natural da água e são capazes de provocar odor e sabor desagradável no meio aquoso. (DOMINGUES *et al*, 2007). De acordo com CETESB (2006), as bactérias heterotróficas são aquelas que utilizam compostos orgânicos como fonte de carbono e podem provocar efeitos à saúde humana. Esse parâmetro é um dos mais importantes na indicação de contaminação da água por esgoto doméstico.

Através destes parâmetros físicos, químicos e microbiológicos é possível realizar uma análise efetiva da qualidade da água e entender quais os impactos presentes nas bacias hidrográficas que levam às indicações poluição e contaminação. Da mesma forma, pode-se verificar e correlacionar com a análise destes parâmetros quais as formas de uso e ocupação do espaço que contribuem para a degradação do ambiente. Em se tratando de espaço urbano, as análises de qualidade da água proporcionam, além dos já mencionados, os subsídios teóricos e práticos para se repensar as práticas de gestão ambiental, com foco nas bacias hidrográficas.

3 ÁREA DE ESTUDO

3.1 O MUNICÍPIO DE APARECIDA DE GOIÂNIA

O município de Aparecida de Goiânia localiza-se ao sul da cidade de Goiânia e integra o conjunto de vinte municípios que compõem a Região Metropolitana de Goiânia. Possui área de aproximadamente 288,342 km², com 808 metros de altitude média (Figura 1), o clima é o tropical com estação seca e o bioma é o Cerrado (IBGE, 2014).

O município de Aparecida de Goiânia é um dos que mais cresce no Estado de Goiás e, conseqüentemente, na Região Metropolitana de Goiânia em termos populacionais e econômicos. O município, que possuía até 1963 uma população de 7.472 habitantes, passou a ter, em 2010, 455.657 habitantes (IBGE, 2010).

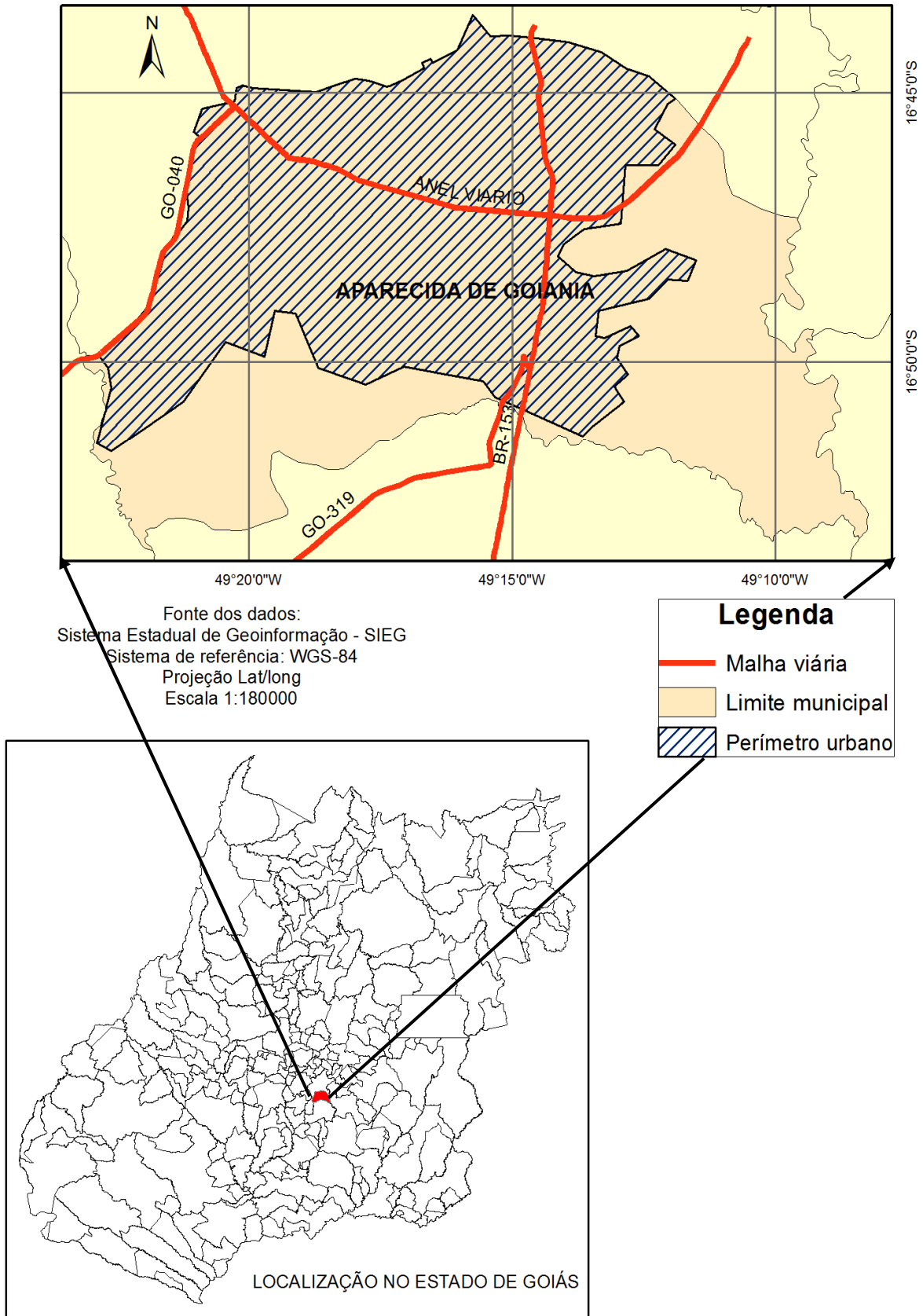
De acordo com Moysés *et al* (2011) no período entre os anos de 2000 e 2010 o crescimento da população foi de 35,45% perdendo somente para o município de Abadia de Goiás que, no mesmo período, teve crescimento de 38,32%, porém, em termos de representatividade, Aparecida de Goiânia tem maior nível de integração. Atualmente, a população está estimada em 511.323 habitantes, com uma densidade demográfica de aproximadamente 1.580,27 hab/km² (IBGE, 2014).

Segundo Rodrigues (2005), o território de Aparecida de Goiânia era distrito da capital do Estado de Goiás, sendo que sua consolidação se deu a partir da construção de Goiânia e de Brasília, pois a proximidade com essas duas cidades atraía pessoas de outros municípios e de outros Estados, que buscavam moradias de baixo custo e emprego. Hoje, Aparecida de Goiânia é a segunda cidade mais populosa do Estado de Goiás e vem sendo palco de grandes transformações urbano-industriais.

Como se consolida de forma desarranjada, o crescimento do município coopera para o surgimento de áreas periféricas nas quais a população se instala em locais inapropriados e irregulares, provocando problemas de ordem social, econômica, estrutural e de uso e ocupação do solo, o que gera problemas ambientais.

O crescimento do município também foi estruturado com bases industriais fortes, porém a expansão desta atividade econômica tem contribuído para o surgimento e agravamento de diversos problemas ambientais. Algumas indústrias situam-se em áreas próximas a mananciais e Áreas de Preservação Permanente, provocando impactos decorrentes da poluição geradas a partir de seus processos produtivos.

Figura 1 - Mapa de localização de Aparecida de Goiânia/GO



Fonte: Elaborado por Siza, L; Belizário, W. (2014)

3.1.1 HISTÓRICO DO MUNICÍPIO

O surgimento do município de Aparecida de Goiânia está ligado ao crescimento e ao desenvolvimento do município de Hidrolândia, de onde se originou mediante as terras doadas para a construção da Capela de Nossa Senhora Aparecida, padroeira da localidade. Os fundadores da cidade foram Abraão Lourenço de Carvalho, José Cândido de Queiróz, João Batista Toledo, Antônio Barbosa Sandoval e Aristides Frutuoso que doaram as terras para a construção da capela. Eles foram os primeiros habitantes e construíram suas casas ao redor da Capela Nossa Senhora de Aparecida (APARECIDA DE GOIÂNIA, 2006).

Com a construção da igreja, inúmeras organizações comerciais e residências começaram a ser erguidas. Consequentemente, surgiram ruas, avenidas e logradouros que dariam uma nova configuração ao povoado.

Em 1958, a lei municipal nº 1.295 do dia 19 de dezembro elevou o povoado à condição de distrito com o nome de Aparecida de Goiás, na época pertencente ao município de Goiânia. No mesmo ano, a lei municipal nº 1.406, criada no dia 26 de dezembro, mudou o nome de Aparecida de Goiás para Goialândia, devido à relação que existia entre Goiânia e Hidrolândia. Esse novo nome não foi aceito pelos habitantes, que passaram a lutar pela independência do município (APARECIDA DE GOIÂNIA, 2006). Em 14 de novembro de 1963, o distrito foi promovido à categoria de município, pela lei estadual nº 4.927, com o nome de Aparecida de Goiânia.

Atualmente a cidade está estruturada em bases industriais bastante fortalecidas e consolidadas que apresentam crescimento constante, sendo o Distrito Agroindustrial de Aparecida de Goiânia (DAIAG-GO) um dos maiores exemplos. Há, também, elevada concentração populacional e crescimento exponencial desta, concomitante ao processo de aumento e adensamento da área urbana. Da mesma forma, o crescimento do comércio e de outros diversos setores econômicos é uma realidade, porém sem um planejamento que leve em consideração o equilíbrio na relação entre sociedade e natureza.

De acordo com Rodrigues (2005), em Aparecida de Goiânia verificou-se, nas últimas décadas, proeminente crescimento econômico, sobretudo pela industrialização, fator desencadeado pelos incentivos fiscais direcionados para a instalação de novas unidades no município. Para o autor o elevado crescimento populacional e econômico aliado à falta de políticas de planejamento territorial urbano geraram inúmeros problemas de ordem social e de uso e ocupação do solo urbano.

3.1.2 DINÂMICA DEMOGRÁFICA

O crescimento do município foi muito rápido e em poucas décadas elevou a área urbana total. De 2000 a 2010 a população passou de 335.547 habitantes para 455.193 habitantes, ou seja, crescimento de 35,65% (119.646 hab). E de 2010 para 2014, a população cresceu 12,33%. Quando se considera o crescimento populacional em 14 anos (2000 a 2014), o aumento é entorno de 52,38%.

A forma como o crescimento acontece impossibilita a cidade de oferecer qualidade de vida aos seus cidadãos, ou seja, o aumento populacional está acima da capacidade que o município tem de atender aos habitantes nos aspectos mais básicos como saúde (em torno de 13 hospitais e 795 leitos); educação (203 escolas, cerca de 100.000 alunos matriculados), transporte (somente com o integrado com o município de Goiânia); habitação (periferização e ocupações irregulares); lazer (1º parque urbanizado criado somente em setembro de 2014); emprego (em torno de 110.000 empregos, com renda de até 1.330 R\$); saneamento básico (34,8% da população sem água tratada e 79,80% da população sem coleta e tratamento de esgoto); entre outros.

A urbanização do município é elevada. De acordo com Moysés (2011), em 2000 a taxa de urbanização era de 99,7% e em 2010 essa taxa foi de 99,9%, o que significou aumento populacional de 335.547 habitantes em 2000 para 455.193 habitantes em 2010. Ao contrário desse processo, a população rural diminuiu no mesmo período de 845 para 464 habitantes (Tabela 1).

Tabela 1 - População - Aparecida de Goiânia

Data	População Urbana	População Rural	População Total
1980	20.699	21.928	42.627
1991	175.555	2.928	178.483
2000	335.547	845	336.392
2010	455.193	464	455.657
2014	N.A.	N.A.	511.323

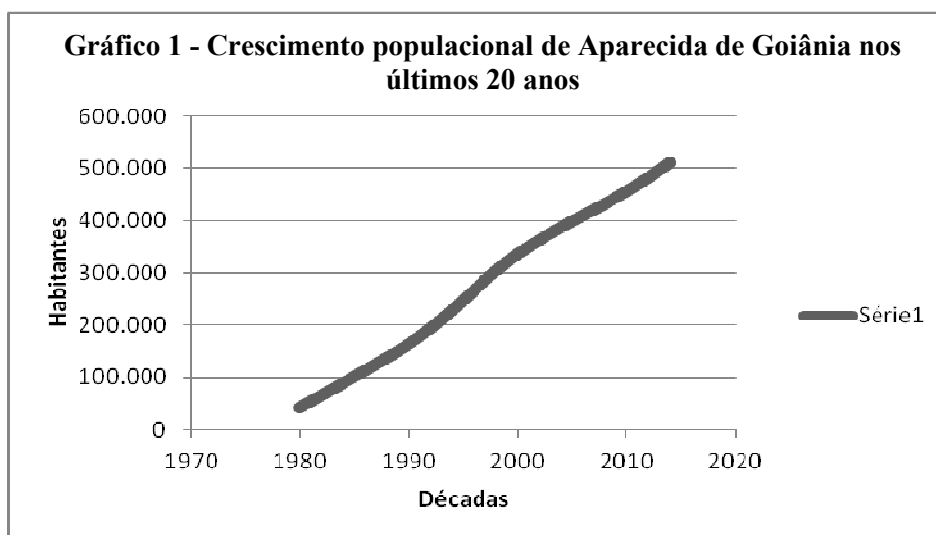
Fonte: IMB/IBGE (2014) - Elaborado por Belizário, W. (2014)

Até a década de 1980 a maior parte da população era rural. Os fatores que colaboravam para isso era a condição econômica da região, que subexistia basicamente com produção agrícola e pecuária. Além disso, a impulsão necessária para o crescimento do município foi o desenvolvimento das cidades de Goiânia e de Brasília, com foco especial para a proximidade com a capital do Estado de Goiás.

De acordo com Oliveira (2005)

O município de Aparecida de Goiânia, assim como muitos outros municípios do entorno foram influenciados pela expansão da capital; muitos foram conurbados, como Aparecida de Goiânia e marcados por inúmeras transformações espaciais e sociais. (p. 5).

Pessoas que migravam para a capital na busca por melhores condições de existência optavam por viver em Aparecida de Goiânia e, à medida que Goiânia crescia, aproximava-se sobremaneira dos limites territoriais de Aparecida de Goiânia (e vice-versa), gerando o processo de conurbação, levando mais pessoas a optar em residir no município pela proximidade com Goiânia. Assim, nos últimos 20 anos a população da cidade aumentou vertiginosamente, conforme pode ser observado no Gráfico 1.



Fonte: Elaborado por Belizário, W. (2014)

Os valores do solo e dos loteamentos tornaram-se fatores de atração populacional, pois eram mais baixos, sobretudo em relação aos terrenos da capital, impulsionando ainda mais o surgimento de novas moradias no município, apesar da baixa infraestrutura. A partir da década de 1980, Aparecida de Goiânia deixa de ser somente uma cidade dormitório e começa a abrigar funções econômicas relevantes e a desenvolver sua indústria, contribuindo também para o aumento populacional no município.

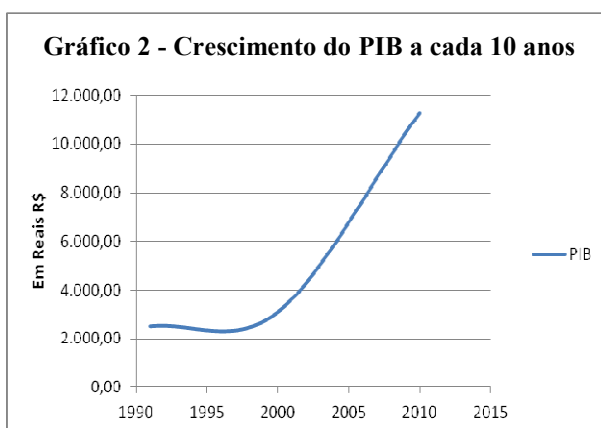
O desenvolvimento econômico do município, principalmente com a indústria e o setor comercial atraiu pessoas. Ao passo que a economia se desenvolvia e o PIB se elevava, as condições de existência (trabalho, moradia e consumo) melhoravam fazendo com que houvesse aumento significativo no número de habitantes, sendo este aumento relativamente

proporcional ao crescimento do PIB *per capita*, conforme pode ser observado na Tabela 2, no Gráfico 2 e no Gráfico 3.

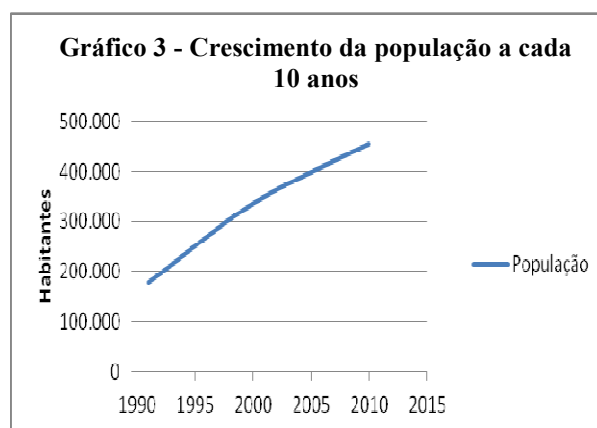
Tabela 2 - Produto Interno Bruto per capita (R\$) - Aparecida de Goiânia

1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
2.490,08	3.069,81	3.289,05	3.734,35	4.101,80	4.527,14	5.121,97
2006	2007	2008	2009	2010	2011	
5.893,01	6.524,03	7.825,52	9.003,79	11.297,44	13.538,58	

Fonte: IMB/IBGE (2014) - Elaborado por Belizário, W. (2014)



Fonte: Elaborado por Belizário, W. (2014)



Fonte: Elaborado por Belizário, W. (2014)

De 1980 até 2010 o crescimento foi maior que 1000% (Tabela 3), e a cada censo elaborado pelo IBGE pode-se notar elevação significativa da quantidade de pessoas vivendo no município, com aumento expressivo da população urbana e minoramento considerável da população rural.

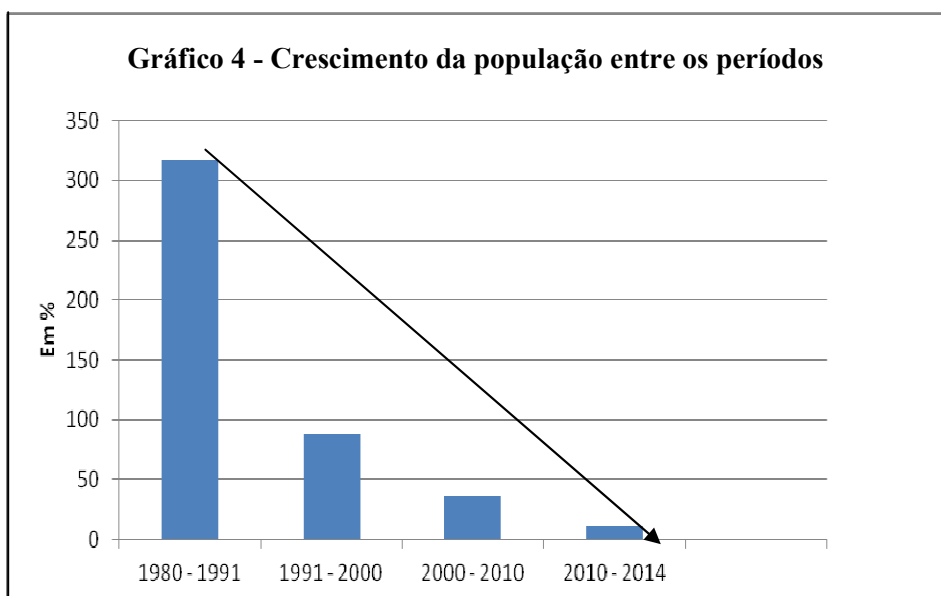
Tabela 3 - Aparecida de Goiânia - Crescimento relativo da população

1980 - 1991	1991- 2000	2000 - 2010	1980 - 2010
318,7%	88,47%	35,45%	1.099,52%

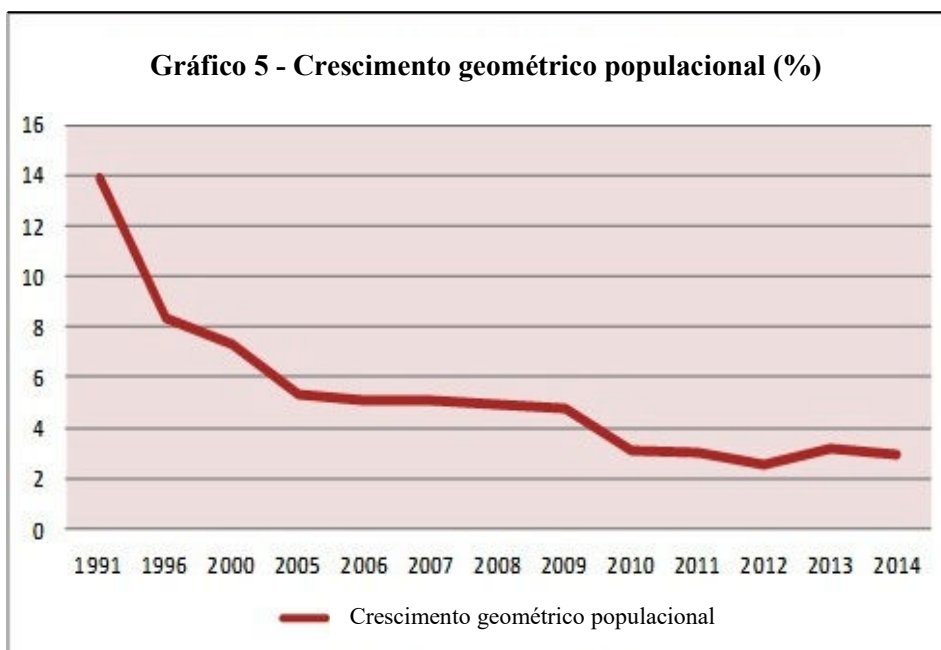
Fonte: IMB/IBGE (2014) - Elaborado por Belizário, W. (2014)

A população de Aparecida de Goiânia cresceu mais nos períodos de 1980 a 1991 e depois disso houve quedas de uma década para outra, mas que não representasse diminuição da população, antes só um crescimento diminuto devido à consolidação econômica e social do

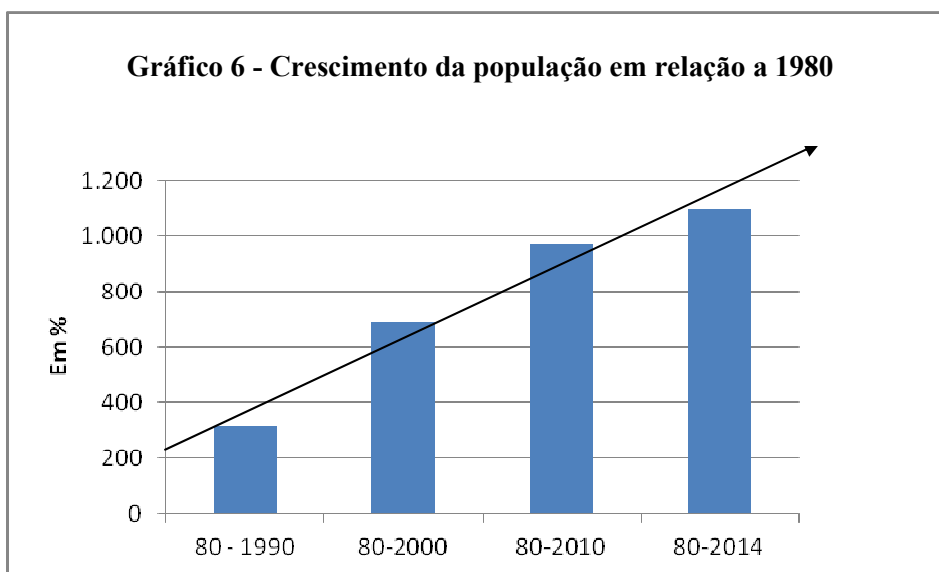
município. Isso se torna visível principalmente quando é analisada o crescimento entre os períodos (Gráfico 4) e o crescimento geométrico da população (Gráfico 5). No entanto, ao se comparar a população atual com a população em 1980 é percebido relevante crescimento, conforme evidenciado no Gráfico 6.



Fonte: Elaborado por Belizário, W. (2014)



Fonte: Elaborado por Belizário, W. (2014)



Fonte: Elaborado por Belizário, W. (2014)

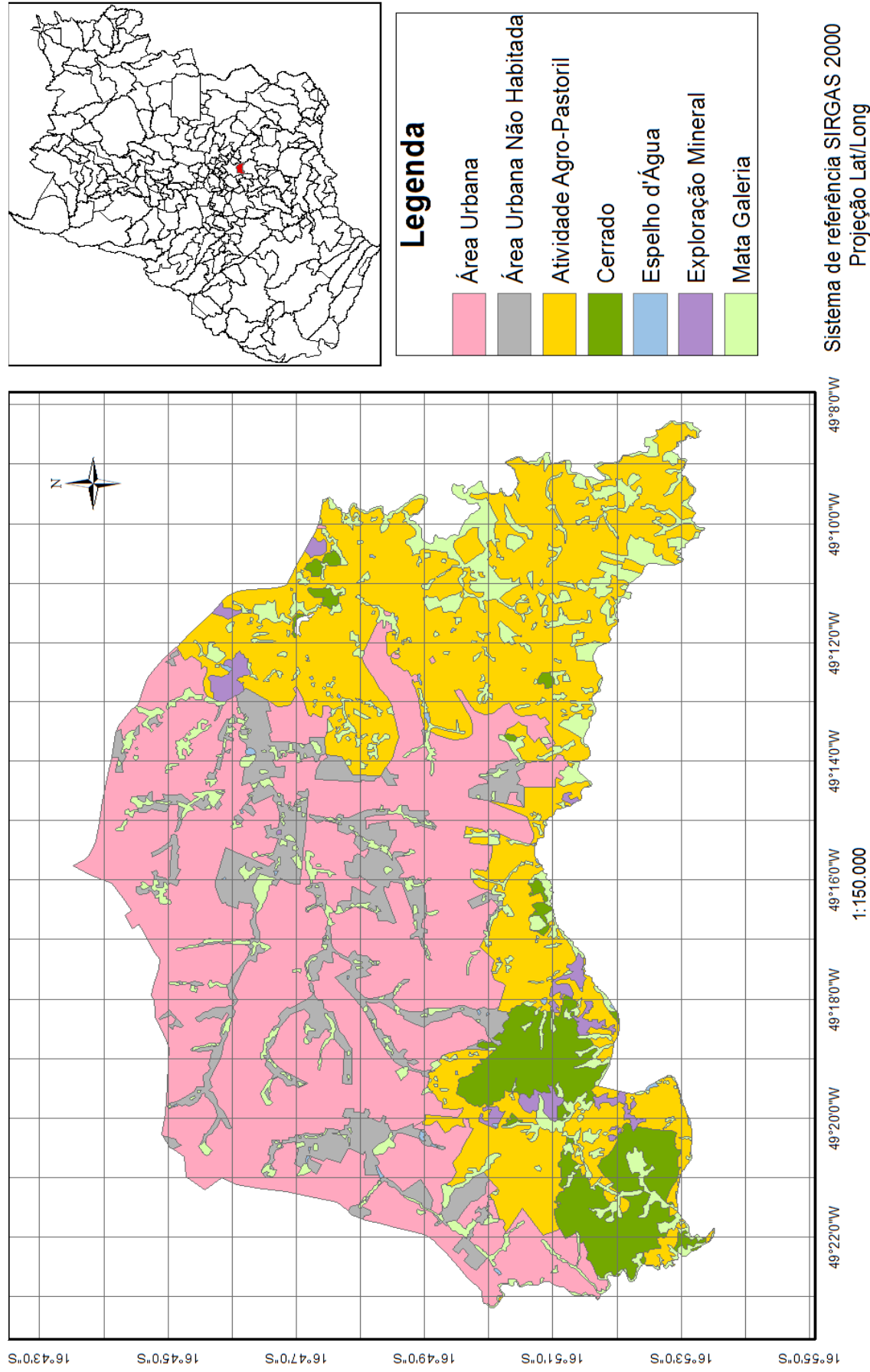
Nos aspectos populacionais o município de Aparecida de Goiânia tem se mantido estável, variando pouco, mas positivamente no que se refere à dinâmica demográfica. Porém, o município não possui as infraestruturas necessárias para abrigar esse contingente de forma qualitativa, como foi abordado anteriormente. A maior parte das habitações localiza-se em bairros novos, periféricos, marginalizados, muitas em áreas de risco e de ocupações irregulares e, além disso, elas apresentam poucas condições estruturais para qualidade de vida de seus moradores. Isso é fruto de uma dinâmica interna que contribui para surgimento de problemas sociais e ambientais das mais diversas ordens.

3.1.3 OCUPAÇÃO E ORGANIZAÇÃO TERRITORIAL

A maior parte do território de Aparecida de Goiânia é formada essencialmente por área urbana, inclusive no entorno das bacias hidrográficas que integram o município. As atividades agropecuárias e de mineração são outras formas de uso do solo que provocam alterações ambientais (Figura 2).

O comércio, a indústria (sobretudo de gêneros alimentícios) e a extração mineral são as principais atividades econômicas do município (RODRIGUES, 2005). Essas atividades contribuíram com o crescimento da cidade, tornando Aparecida de Goiânia um polo econômico importante para o Estado de Goiás.

Figura 2 - Mapa de uso do solo de Aparecida de Goiânia/GO



Fonte: Elaborado por Siza, L.; Belizário, W. (2014).

A dinâmica estruturada por esses fatores coadjuvou exponencialmente para o crescimento urbano, porém de forma incoerente no que se refere a uma urbanização voltada para uma perspectiva de cunho social (ocupações irregulares, habitações em áreas de risco), o que ocasiona problemas socioambientais.

De acordo com Rodrigues (2005), em Aparecida de Goiânia:

A inexistência de uma política de controle da expansão urbana territorial facilitou a proliferação de diversos loteamentos regulares e irregulares, sem a infra-estrutura necessária para o bem-estar da população, tais como: vias públicas sem manutenção, ausência de saneamento básico (água encanada e esgoto) e rede pluvial, transporte público ineficiente, iluminação pública precária, deficiência de equipamentos públicos (escolas, postos de saúde, praças, quadras esportivas, etc), entre outros (p. 15).

O município apresenta atividade econômica bem constituída e alicerçada, e alguns elementos demonstram isso como a quantidade de indústrias existentes e as que surgem regularmente (e suas altas produtividades), a proximidade com outros grandes centros econômicos, a facilidade para o escoamento da produção, a expansão urbana, entre outros fatores.

Porém, no que se refere aos elementos que proporcionem qualidade de vida à população (como geração de emprego, sistema de saúde e educação, moradia de qualidade, coleta e tratamento do esgoto, tratamento e distribuição da água, limpeza urbana, moradia, etc) e que resolvam ou diminuam os problemas ambientais advindos do crescimento econômico (como fiscalização para o cumprimento das leis ambientais, conservação, preservação e recuperação de Áreas de Preservação Permanente, entre outros) o município está muito aquém em termos de desenvolvimento nesses aspectos.

A cidade cresce e a economia também, mas esse crescimento é mal planejado e desarmonioso. As políticas estabelecidas são constituídas para suprir as demandas econômicas em detrimento das demandas sociais e ambientais. Isso proporciona as condições para o surgimento de situações indesejadas do ponto de vista socioambiental como a ocupação e o uso de áreas de preservação ambiental por empresas, indústrias ou a sociedade em geral. Isso é capaz de gerar problemas ambientais como erosões, assoreamento, desmatamento, queimadas, poluição e contaminação do solo e da água, fazendo com que muitas áreas deixem de ser caracterizadas como “áreas de risco ambiental” e passem a ser caracterizadas como “áreas de passivo ambiental” (APARECIDA DE GOIÂNIA, 2012).

3.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO MUNICÍPIO

3.2.1 CLIMA

O clima da região do município de Aparecida de Goiânia é definido como tropical com concentração da precipitação pluviométrica nos meses de outubro a abril e a época da seca nos meses de maio a setembro. A sazonalidade que define o clima é marcada por sua continentalidade e associada ao padrão de circulação de massas de ar oriundas da zona tropical.

O período de inverno caracteriza-se por estabilidade climática e reduzida precipitação, ocorrendo a inversão térmica por radiação da camada inferior da atmosfera, a qual é responsável pela ocorrência de bruma seca e pela acumulação de fumaça e particulados oriundos de atividades antrópicas como, por exemplo, as queimadas e os desmatamentos (RODRIGUES, 2005).

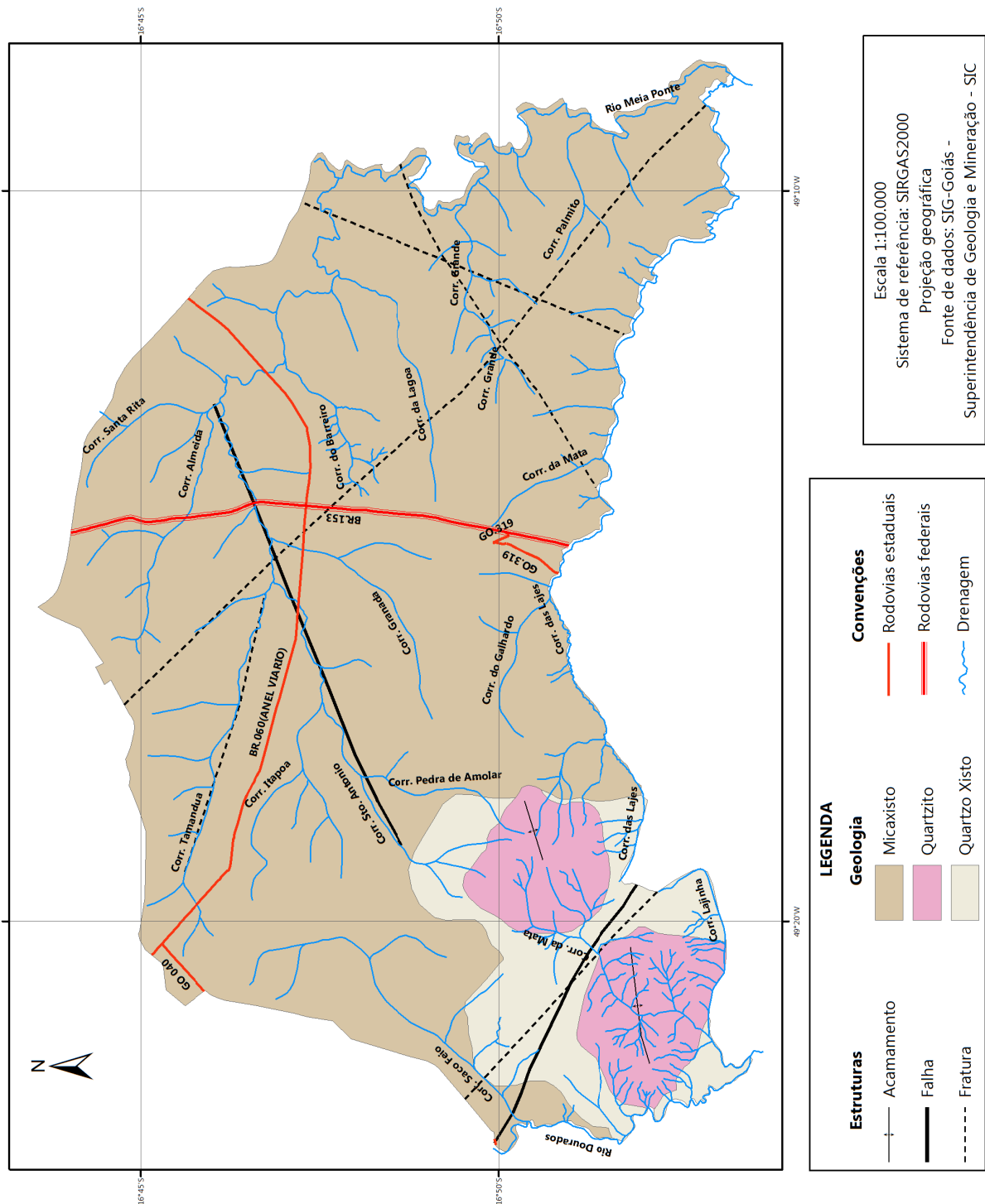
3.2.2 GEOLOGIA

De acordo com Rodrigues (2005) a geologia do município de Aparecida de Goiânia é integralmente representada por um conjunto de rochas metamórficas, denominadas de Grupo Araxá. São rochas formadas a cerca de 1 bilhão de anos, por complexos processos geológicos.

O grupo Araxá é caracterizado por xistos e quartzitos, sendo os xistos rochas ricas em micas, constituídas por quartzo, granada e, mais raramente, feldspatos e turmalina. Os quartzitos são rochas ricas em quartzo e podem conter concentrações variáveis de micas. Ambos, xistos e quartzitos, são foliados em função da orientação dos minerais micáceos.

Os quartzitos, por serem mais resistentes ao intemperismo, ocorrem nas áreas topograficamente mais elevadas, representadas pela Serra das Areias (Figura 3). A deformação tectônica que afetou o conjunto de rochas, além de causar a orientação dos minerais metamórficos, foi responsável pela formação de juntas, diáclases, fraturas e falhas. Este conjunto de estruturas corresponde a um fraturamento das rochas com a abertura de planos que se entrecortam. Tais estruturas são importantes para a circulação e retenção de água em profundidade e pelo controle e condicionamento das direções dos cursos de córregos e ribeirões (RODRIGUES, 2005).

Figura 3 - Mapa Geológico de Aparecida de Goiânia/GO.



Fonte: Elaborado por Siza, L; Belizário, W. (2014)

3.2.3 GEOMORFOLOGIA

Aparecida de Goiânia foi dividida em três compartimentos geomorfológicos, delimitados a partir da interação dos padrões de relevo, tipos de solos, densidade de drenagens e hipsometria (RODRIGUES, 2005), denominados de Região Serra das Areias, Região das Chapadas e Região do Vale do Meia Ponte (Figura 4).

A Região das Chapadas, onde se localizam as bacias dos córregos Almeida e Santa Rita, abrangem toda parte central e norte do município. Tem relevo suave ondulado. Os solos predominantes são latossolos vermelhos e vermelhos-amarelos e cambissolos háplicos. A densidade de drenagem é baixa e os processos de intemperismo e pedogênese são mais expressivos do que os de transporte.

A Região do Vale do Meia Ponte, fica na porção leste do município e inclui o vale do Meia Ponte e os baixos cursos dos córregos Santo Antônio e Lages. O relevo é ondulado, os solos são predominantemente cambissolos, porém há latossolos entre os vales de drenagem (RODRIGUES, 2005).

3.2.4 SOLOS

Aparecida de Goiânia possui seis classes de solos de acordo com Rodrigues (2005): Latossolos, Cambissolos, Gleissolos, Neossolos, Organossolos e Plintossolos (Figura 5).

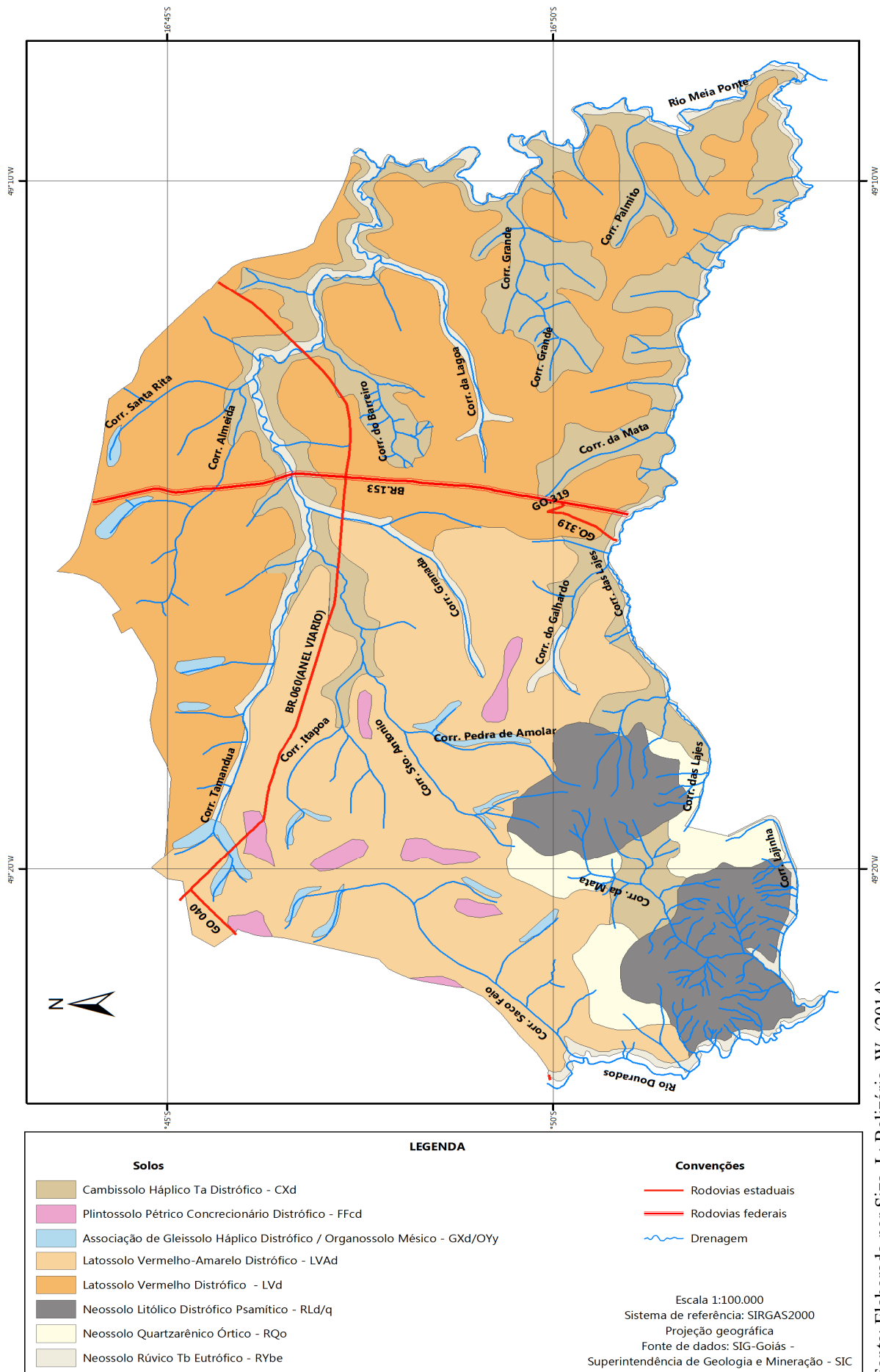
Nas bacias hidrográficas dos córregos Almeida e Santa Rita predominam quatro tipos de solos: os Gleissolos Háplicos Distróficos, os Organossolos Mésicos, os Latossolos Vermelhos Distróficos, os Cambissolos Háplicos Distróficos.

Os Gleissolos Háplicos Distróficos têm como características serem mal drenados, formados em materiais originários estratificados ou não, e estão sujeitos constantemente ao excesso de água. São encontrados em frações do terreno mais rebaixadas, constituindo pequenas depressões próximas aos cursos d'água e juntos às nascentes. Os Organossolos Mésicos são caracterizados por conter matéria orgânica alterada por ação física e bioquímica, em estágio de decomposição intermediária.

Os Latossolos Vermelhos Distróficos estão geralmente associadas ao topo de chapadas, sob relevos com superfície suave onduladas a onduladas. São solos profundos, bem drenados, com alta permeabilidade, associados à vegetação de cerrado ou cerradão.

Os Cambissolos Háplicos Ta Distróficos são pouco desenvolvidos, onde é possível verificar fragmento de materiais primários e materiais pedregosos, ocorrendo em áreas de vertentes e encostas com declividades mais elevadas e em relevos movimentados. São solos de baixa permeabilidade em função do alto teor de silte no horizonte A e mediana profundidade do perfil. São assim, mais suscetíveis à erosão (RODRIGUES, 2005).

Figura 5 - Mapa de solos de Aparecida de Goiânia/GO.



Fonte: Elaborado por Siza, L.; Belizário, W. (2014)

3.3 AS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS CÓRREGOS ALMEIDA E SANTA RITA

Nos aspectos físicos (geologia, geomorfologia e solos), as bacias hidrográficas dos córregos Almeida e Santa Rita tem predominância de rochas do tipo micaxistos; localizam-se na área de compartimentação geomorfológica denominada Região das Chapadas e há quatro tipos de solos predominantes: Gleissolos Háplicos Distróficos, Organossolos Mésicos, Latossolos Vermelhos Distróficos e Cambissolos Háplicos Ta Distróficos.

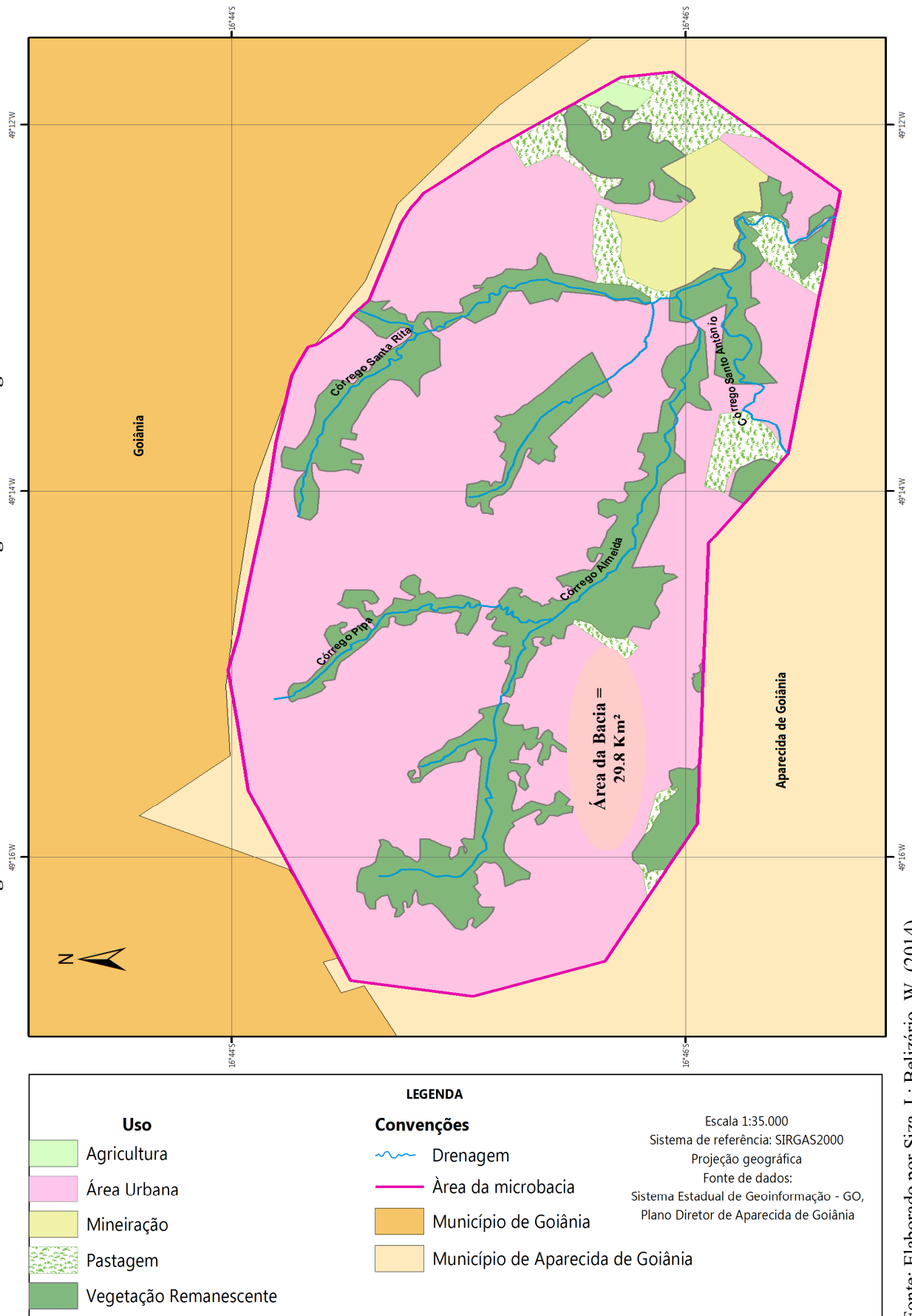
No que se refere ao uso e ocupação do solo há a predominância de área urbana, mas há outros usos como a mineração, outras indústrias e pastagem (Figura 7). Essas formas de ocupação e uso do solo causam grandes impactos ao ambiente urbano, degradando os recursos naturais essenciais para a existência da vida.

O principal tipo de indústria é a mineral, porém outras atividades produtivas são presentes e impactantes como a indústria de colchões, indústrias de concreto e cimento, indústrias de telhas, empresas de construção, indústria de tecido, postos de gasolina, hospitais, serralherias, lava-jatos, ferros-velhos, indústria de recicláveis, entre outros. Também há pastagem, criação bovina e suína (subsistência), e agricultura familiar.

As atividades residenciais e industriais na área geram resíduos sólidos e sedimentos que, quando chegam ao corpo hídrico, provocam o assoreamento e transportam poluentes agregados aos sedimentos, contaminando as águas. Também, pela dinâmica urbana, a água pluvial, na qual são encontrados inúmeros poluentes (inclusive metais), contamina os corpos hídricos. Estes, em comparação com outros resíduos, têm mais contaminantes do que os sólidos encontrados no esgoto *in natura*, por exemplo (TUCCI, 2015).

Além desses fatores outros também são percebidos nas bacias dos córregos Almeida e Santa Rita, como o lançamento de efluentes domésticos (que provocam o aumento de matéria orgânica e causam a eutrofização do corpo hídrico, além de contaminarem a água com bactérias do tipo coliformes) e o lançamento de efluentes industriais, uma vez que a produção industrial (seja de pequeno, médio ou grande porte) está presente de forma efetiva na área das bacias hidrográficas dos córregos Almeida e Santa Rita.

Figura 7 - Uso do solo nas bacias hidrográficas dos córregos Almeida e Santa Rita



Fonte: Elaborado por Siza, L; Belizário, W. (2014)

Com relação à vegetação, nas áreas das bacias há intenso processo de desmatamento, sobretudo com a redução da vegetação ciliar dos córregos, tendo alguns trechos vegetação inexistente (Figura 8). Este fator contribui para assoreamentos, erosões e contaminação do solo e da água.

A vegetação é uma das mais importantes variáveis ambientais necessárias à manutenção e preservação do meio ambiente e dos recursos hídricos. Influencia no regime hídrico e na qualidade e quantidade das águas. A degradação da vegetação resulta em aumento das taxas de erosão e assoreamento, de outro modo, a sua preservação resulta em estabilidade às margens, redução da poluição da água, e propicia ambientes necessários à existência de diversos seres vivos. Nesse aspecto, a existência e a extensão da vegetação são sobremaneira importantes.

De acordo com Araújo, Almeida e Guerra (2014), as margens de cursos d'água superficiais:

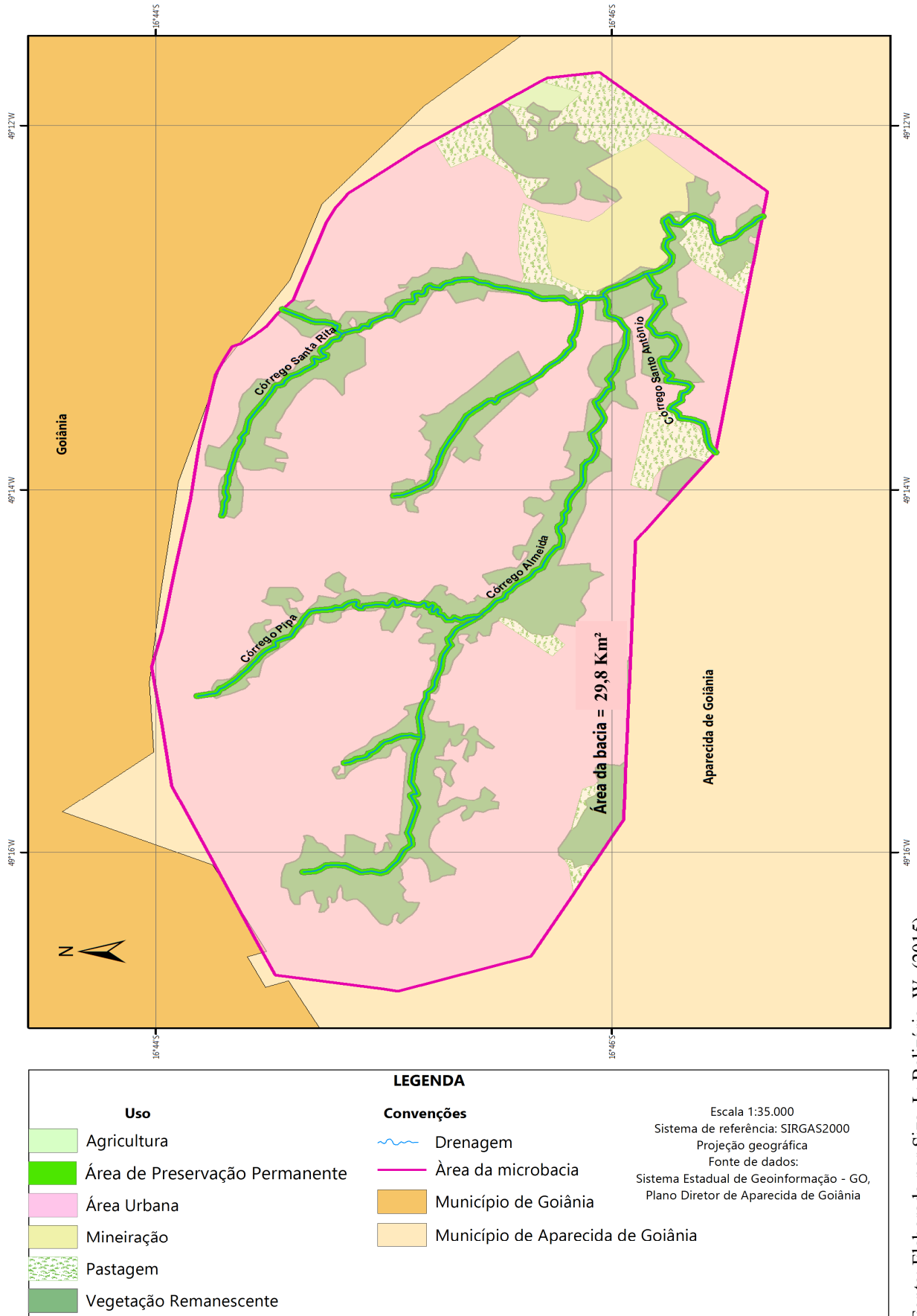
[...] estão sujeitas à erosão e atrito pelo fluxo da água. A sua força erosiva aumenta com a velocidade da água. A vegetação pode ajudar a reduzir esse tipo de erosão da seguinte maneira: a parte aérea se inclina e cobre a superfície e/ou reduz a velocidade do fluxo adjacente à interface solo/água, enquanto as raízes abaixo do solo retêm ou mantêm fisicamente as partículas de solo no lugar. A extensão desses benefícios depende da área superficial de vegetação em contato com o fluxo e a flexibilidade dos ramos. Moitas densas de gramíneas e espécies herbáceas baixas que estendem vários ramos flexíveis e folhas dentro do fluxo d'água são as mais eficientes a esse respeito (p. 114, 115).

Nas bacias hidrográficas dos córregos Almeida e Santa Rita, parte dos locais onde há vegetação remanescente no mapa (Figura 8), quando observado em campo, constata-se a existência de matagal e não vegetação nativa conforme preferencia a legislação ambiental brasileira.

A legislação determina que seja, para esses tipos de cursos superficiais, preservada no mínimo 30 metros em ambas as margens, preferencialmente com vegetação nativa (BRASIL, 2012), sendo a inexistência dessa vegetação crime ambiental a responder legalmente o poder público ou a entidade privada fixada sobre o local.

Esta lei ainda considera ambientes iguais a dessas bacias hidrográficas como Áreas de Preservação Permanente (APPs). Para a legislação a compreende-se como APP uma área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

Figura 8 - Buffer das bacias hidrográficas dos córregos Almeida e Santa Rita



Fonte: Elaborado por Siza, L.; Belizário, W. (2015)

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho científico precisa ter capacidade política, técnica e acadêmica, no sentido de contribuir para o desenvolvimento social e científico. Assim, para executar um trabalho com essa abrangência, do ponto de vista da abordagem do problema, a pesquisa foi qualitativa e quantitativa; do ponto de vista dos objetos, trabalhou-se com a pesquisa exploratória e descritiva; do ponto de vista dos procedimentos técnicos, a pesquisa foi bibliográfica, documental, de campo (com levantamento sensorial/perceptivo) e laboratorial.

Foi realizado entre os meses de março de 2013 e março de 2015 os levantamentos e análises bibliográficas direcionadas aos diversos temas que compõem a pesquisa. Assuntos relacionados à Geografia ambiental e socioambiental, Geografia física, Geografia urbana, Geografia da população, qualidade da água, parâmetros físico-químicos e microbiológicos foram os mais pesquisados. Outras temáticas também estiveram dentro do rol de assuntos trabalhados como a Geografia econômica e a educação ambiental, por exemplo.

Autores como Dirce Suertegaray, Georges Bertrand, Carlos Berbert, Marcos Callisto, Valter Casset, Enrique Leff, Carlos Tucci, Antônio Guerra, Sandra Cunha, Partícia Gomes, Francisco Mendonça, Antônio Christofolletti, Margarida Penteado, Jurandir Ross, Milton Santos, Von Sperling, Marcelo Libâneo, Miguel Felipe, entre outros, foram pesquisados para complementação do corpo teórico da pesquisa.

Os trabalhos de campo aconteceram nos meses de janeiro a abril de 2014, setembro a dezembro de 2014 e janeiro a março de 2015, onde no primeiro momento foram realizadas pesquisas nas nascentes das bacias hidrográficas dos córregos Almeida e Santa Rita, no segundo momento foram feitas as coletas da água referentes ao período seco e análise do meio para avaliação dos impactos ambientais e no terceiro momento foram coletadas amostras de água (período chuvoso) e feita análise ambiental para avaliação da condição ambiental de trechos críticos das bacias hidrográficas dos córregos Almeida e Santa Rita.

No que se refere às imagens e mapeamentos, foram utilizados dados da Superintendência de Geologia e Mineração do Estado de Goiás. Esses dados foram georreferenciados e trabalhados no ArcGis. Foram utilizadas também imagens e dados atuais do Google Earth Pro.

Dados censitários e de variáveis ambientais do município foram obtidos no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, no Instituto Mauro Borges, no Sistema Estadual de

Geoinformação de Goiás (SIEG), e na Secretaria de Desenvolvimento e Meio Ambiente de Aparecida de Goiânia/GO.

4.1 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL DAS NASCENTES

A primeira etapa foi a avaliação da qualidade ambiental das nascentes. Para isto foi elaborado um protocolo de avaliação rápida (PAR) baseado na metodologia proposta por Gomes *et al* (2005), a qual foi adaptada da Classificação do Grau de Impactos de Nascente (2004), elaborado por um grupo de pesquisadores da Agência Nacional das Águas que atuam no Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos, e do Guia de Avaliação da Qualidade das Águas (2004), elaborado pelos técnicos da fundação SOS Mata Atlântica.

Neste protocolo foram considerados elementos sensoriais e perceptivos de avaliação do meio através da determinação de parâmetros macroscópicos como a cor da água, o odor, o lixo, os materiais flutuantes, as espumas, os óleos, o esgoto, a preservação da vegetação, o uso por animais, o uso por humanos, a proteção do local, a proximidade com residências ou estabelecimentos e o tipo de área de inserção de cada nascente.

Dessa forma, foi possível avaliar as nascentes e agrupá-las em cinco classes de acordo com a qualidade ambiental obtida, a saber: *classe A* (nascentes de **ótima** qualidade ambiental), *classe B* (nascentes de **boa** qualidade ambiental), *classe C* (nascentes de qualidade ambiental **regular**), *classe D* (nascentes de qualidade ambiental **ruim**) e *classe E* (nascentes de qualidade ambiental **péssima**).

4.2 A IDENTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

A segunda etapa dos trabalhos de campo foi a análise ambiental (identificação dos impactos) ao longo de toda a extensão das bacias hidrográficas dos córregos Almeida e Santa Rita. Determinou-se diversas áreas de estudo através das imagens de satélite do Google Earth Pro, onde escolhemos as áreas em que os impactos estariam mais perceptíveis e em maiores magnitudes.

O conhecimento da área por parte do pesquisador contribuiu, pois já era de ciência muitas áreas degradadas nessas bacias hidrográficas. Durante o campo foram utilizadas técnicas fotográficas para registro dos impactos, termômetro digital para medição da temperatura da água, GPS para marcação com precisão dos pontos de referência da coleta dos

dados, trena para medição do comprimento dos cursos d'água, hastes de madeira para a medição da profundidade da água, e tabelas e protocolos de preenchimento para avaliação ambiental.

4.3 AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO AMBIENTAL DO CORPO HÍDRICO

A terceira etapa foi a avaliação ambiental de trechos críticos dos cursos d'água das bacias dos córregos Almeida e Santa Rita. Para esta finalidade foi elaborado um protocolo de avaliação rápida (PAR) com base na metodologia proposta por Callisto *et al* (2002) na qual ele propõe, para análise da diversidade de habitats e análise ambiental de corpos hídricos, a mensuração de alguns parâmetros como: o tipo de ocupação das margens, as erosões (existência e nível), as alterações antrópicas, a cobertura no leito, o odor da água, a oleosidade e a transparência da água, o odor e a oleosidade do fundo, o tipo de fundo, a extensão e a frequência de rápidos (corredeiras), os tipos de substrato, a deposição de lama, as alterações no canal do rio, as características dos fluxos das águas, a mata ciliar (existência e extensão), a estabilidade das margens e as plantas aquáticas (existência e quantidade). A abordagem desses parâmetros permite verificar o nível de preservação das condições ecológicas dos trechos mais críticos (ambientalmente) dessas bacias hidrográficas.

Através dessas análises foi possível determinar quatro tipos de condições ambientais na qual cada trecho se encaixa, a saber: **condição ambiental ótima**, **condição ambiental boa**, **condição ambiental regular** e **condição ambiental ruim**. Desse modo, os trechos foram classificados como *totalmente preservados*, *preservados*, *alterados* ou *degradados* e, por último, enquadrados em trechos de *classe A*, trechos de *classe B*, trechos de *classe C* e trechos de *classe D*, respectivamente.

4.4 ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA

A quarta e última etapa consistiu na análise físico-química e microbiológica da água. Foram escolhidos três pontos para a coleta. O primeiro ponto localiza-se no encontro de todos os tributários da bacia hidrográfica do córrego Almeida; o segundo no encontro de todos os tributários da bacia hidrográfica do córrego Santa Rita; e o terceiro, na confluência entre as bacias hidrográficas dos córregos Almeida e Santa Rita. A coleta foi feita em dois períodos sazonais: o seco, em setembro de 2014 e o chuvoso em março de 2015.

As amostras para a análise físico-química foram coletadas em frascos de polietileno de 500 ml e, imediatamente após a coleta, o material foi acondicionado em caixa de isopor refrigerado (em média 4°C) até a chegada ao laboratório. Para a análise microbiológica foram utilizados frascos de vidro de 100 ml com tampa de rosca para uso único e acondicionado em caixa de isopor refrigerado até a chegada ao laboratório. Todas as amostras foram coletadas e levadas ao laboratório Aqualit - tecnologia em saneamento SS LTDA em menos de 24 horas.

No que se refere ao método de ensaio para a quantificação dos parâmetros físico-químicos a alcalinidade foi determinada pelo método titulométrico (SMWW 2320B); a determinação do cloreto foi feita pelo método argentométrico (SMWW 4500-Cl-B); o CO₂ livre foi determinado por titulação potenciométrica (SMWW 4500 CO₂); a condutividade pelo método SMWW 2510 B (medição eletrométrica/conductimetria); e a cor pelo método espectrofométrico - comprimento de onda único - (SMWW 2120 C).

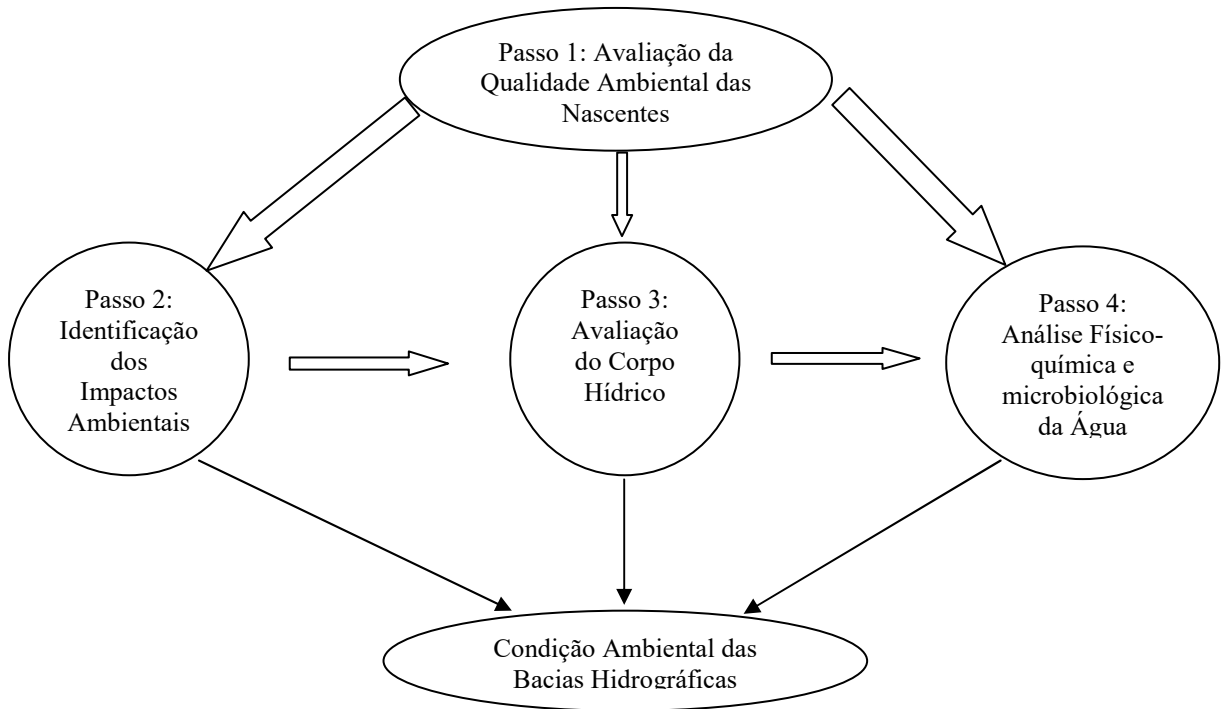
A dureza foi determinada pelo método titulométrico por EDTA (SMWW 2340 C); o ferro foi pelo método colorimétrico com fenantrolina (SMWW 3500 Fe B); o oxigênio consumido foi determinado pelo método CETESB L5 143; o pH foi pelo método eletrométrico (SMWW 4500 H⁺ B); os sólidos dissolvidos totais foram determinados pelo método de secagem a 180° (SMWW 2540 C); e a turbidez foi determinada pelo método nefelométrico (SMWW 2130B).

Com relação à análise dos parâmetros microbiológicos, os coliformes totais foram determinados pelo método de tubos múltiplos (SMWW 9221 C); a contagem das bactérias heterotróficas foi feita pelo método de plaqueamento em profundidade (SMWW 9215 B); e a determinação da *Escherichia Coli* foi feito pelo método tubos múltiplos (SMWW 9221 F).

A partir dessas etapas foi possível elaborar a análise ambiental das bacias hidrográficas, partindo das nascentes, identificando os impactos ao longo das bacias, passando pela análise do corpo hídrico e verificando a qualidade físico-química e microbiológica da água.

Dessa forma, foi praticável e exequível construir elementos de pesquisa que propiciassem o entendimento da real situação do ambiente e das águas das bacias hidrográficas dos córregos Almeida e Santa Rita em Aparecida de Goiânia/GO (Figura 9).

Figura 9 - Passos metodológicos



Fonte: Elaborado por Belizário, W. (2015)

4.5 FUNDAMENTOS LEGAIS

Para a análise ambiental das bacias hidrográficas dos córregos Almeida e Santa Rita consideraram-se os aspectos legais que norteiam as discussões ambientais e impõem os limites ao uso dos recursos naturais, fornecendo as indicações sobre os padrões de qualidade e as formas de ocupação e uso da terra em ambientes naturais.

No que se refere aos impactos ambientais a base legal para comparação foi constituída pelas seguintes normas e legislações: resolução CONAMA I, de 23 de janeiro de 1986, que dispõe sobre os critérios básicos e diretrizes gerais para avaliação de impactos ambientais, e que considera impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas (BRASIL, 1986); e a lei 6.938 de 31 de agosto de 1981 (Política Nacional do Meio Ambiente), que trata sobre os deveres do poder público com relação ao meio ambiente (BRASIL, 1981), e tem como princípios norteadores: a ação governamental na manutenção do equilíbrio ecológico; a racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar; o planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais; a proteção dos ecossistemas, com preservação das áreas representativas; o controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras; incentivos ao estudo e à

pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais; o acompanhamento do estado da qualidade ambiental; a recuperação de áreas degradadas; a proteção das áreas ameaçadas de degradação; e a educação ambiental em todos os níveis de ensino (SARLET; FENSTERSEIFER, 2014).

Da mesma maneira, foi considerada a lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012 (novo código florestal brasileiro), que trata sobre a proteção e preservação da vegetação nativa, APPs e nascentes (BRASIL, 2012). De acordo com Sarlet e Fensterseifer (2014), esta legislação teria como objetivo principal promover o desenvolvimento sustentável, tendo como princípios: a afirmação do compromisso soberano do Brasil com a preservação das florestas e outras formas de vegetação nativa (através da proteção e do uso sustentável), bem como da biodiversidade, do solo, dos recursos hídricos e da integridade do sistema climático e criar as condições para promover ações e atividades econômicas sustentáveis, tudo isso para garantir o bem estar das gerações atuais e futuras. Porém, há outros vieses de interpretação com base nesta legislação.

Foi considerada, também, a lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, tratando a cerca das formas de gerenciamento de resíduos sólidos, com foco aqui nos urbanos (BRASIL, 2010); a lei 9.985 de 18 de junho de 2000, que trata sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação, definindo conceitos, formas e maneiras de gestão (BRASIL, 2000); e a resolução CONAMA 303, de 20 de março de 2002, que dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente (BRASIL, 2002).

Na avaliação da qualidade das águas os resultados obtidos em laboratório das amostras de água foram comparados com as determinações da resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e dá diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, entre outros aspectos (BRASIL, 2005). Os resultados foram comparados, também, com a portaria 2.914, de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2011).

Com base nessas leis e normas foi possível caracterizar o que realmente era impacto ambiental e em quais medidas as águas estavam poluídas. Estas legislações e normas são importantes, pois dão os subsídios teóricos para a identificação dos problemas ambientais urbanos, com base na realidade brasileira, no que se refere aos aspectos legais.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A cidade é a expressão mais axiomática das ações humanas sobre o meio físico. Nela ficam registradas as marcas do tempo e da evolução urbana com seus aspectos sociais, econômicos (OLIVEIRA, 1998) e naturais. Nesse sentido, as alterações mais significativas no meio natural se dão no espaço da cidade, tendo em vista a elevada concentração populacional e a dinâmica estruturada por fatores estruturais e conjunturais relativos ao urbano como o desenvolvimento econômico, territorial, industrial e socioespacial.

A cidade, de acordo com Oliveira (1998), é entendida como um sistema ou como um complexo de fatores associados e interativos tais como os naturais, os urbanísticos, os demográficos, os socioculturais, os econômicos, os tecnológicos e os produtivos que, direta ou indiretamente, afetam o meio natural, alterando a qualidade ambiental dos ecossistemas urbanos.

Muitos elementos naturais são fortemente alterados e impactados dentro do espaço da cidade, sendo os mais comuns o solo, o ar, a vegetação e a água. Todos estes tem significativas parcelas de importância para a existência e a manutenção da vida, porém a água é um dos mais relevantes e tem sido um dos recursos mais afetados pela dinâmica urbana. Essa importância é expressa nas palavras de Machado e Torres (2012), ao exprimirem o que eles chamam de *essencialidade* da água:

Com o ar atmosférico (combinação essencial a quase todas as formas vivas) e com a energia solar (motor propulsor de quase todos os processos físicos e químicos da Terra, como a fotossíntese, por exemplo), a água é um elemento imprescindível às várias formas de vida presentes no planeta, pois é necessária e fundamental, de maneira indireta e/ou direta, a todas elas. É o que comumente se chama de *essencialidade*, por ser a água um elemento essencial e insubstituível (p. 3).

A água serve a vários usos, sendo, inclusive, utilizada em âmbitos extremamente artificiais como da produção industrial, por exemplo. Uma das questões problemáticas referentes à água é a diminuição das suas potencialidades em função do comprometimento de sua qualidade tendo em vista todos os processos de poluição e contaminação acentuada pelas ações antrópicas, sobretudo nos locais onde há maior concentração populacional.

Há de se considerar também o que ocorre nos espaços não-urbanos como da contaminação da água com pesticidas, agrotóxicos, defensivos agrícolas, fertilizantes, efluentes de agroindústrias, entre outros. Porém, a concentração industrial e populacional nas cidades, o crescimento urbano e as consequências desses processos são fatores que nos levam a olhar de forma especial para a água nestes espaços.

Nesse aspecto, Vasconcelos (2010) afirma que a qualidade da água vem sendo fortemente alterada com as mudanças demográficas, a velocidade e a extensão da globalização e com o desenvolvimento socioeconômico impulsionado pelo avanço tecnológico.

A água não deve oferecer riscos à população, porém a contaminação deste recurso provoca alterações físico-químicas e biológicas que são prejudiciais aos humanos e aos demais seres vivos. Nisto situa-se a importância de estudos em recursos hídricos nos espaços urbanos, pois são nessas áreas que vive a maior parte da população. No Brasil, cerca de 83,3% da população vive nas cidades.

Além da água, todos os recursos naturais nas cidades devem ser preservados a fim proporcionar as condições para a vida com qualidade. Ao analisar um contexto urbano, é preciso considerar que a sustentabilidade (das ações, da produtividade, do crescimento, etc.) contribui para a diminuição dos problemas sociais e ambientais, acarretando na melhoria da qualidade de vida. A redução da poluição do ar, a preservação da vegetação, a criação de áreas verdes, a despoluição e a preservação da qualidade das águas, entre outros fatores, concorrem diretamente para a melhoria da vida em áreas urbanas.

Dentro desta perspectiva, conhecer os problemas ambientais, entender os níveis de degradação dos ecossistemas urbanos e saber em que situação encontra-se a qualidade dos recursos hídricos são elementos que ajudam o poder público a criar condições estruturais e legais para resolver esses entraves. Da mesma maneira, esse conhecimento proporciona à comunidade acadêmica e técnica subsídios para participar de forma efetiva na construção de um espaço urbano equilibrado social e ambientalmente.

Nesse mesmo sentido, a população tem a oportunidade de situar-se frente a essas dinâmicas e entendê-las a partir do conhecimento do problema, diminuindo a sua parcela de contribuição para os processos de poluição, contaminação e consequente degradação do ambiente onde vivem.

É nessa perspectiva que foi feita a análise ambiental das bacias hidrográficas dos córregos Almeida e Santa Rita em Aparecida de Goiânia/GO, conforme poderá ser observado nos textos que seguem.

5.1 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL DAS NASCENTES

A maneira como sobrevém a ocupação urbana provoca várias alterações no espaço que influem diretamente no meio ambiente, gerando desequilíbrios que afetam negativamente a qualidade ambiental dos recursos hídricos, já a partir das nascentes.

Apesar de a legislação determinar que as nascentes sejam preservadas e que não se ocupem (e se preservem, preferencialmente, com vegetação nativa) um raio de pelo menos de 50 metros, em muitos locais a preservação das nascentes não tem se concretizado, pois o modelo de desenvolvimento urbano atual leva a situações ambientalmente indesejáveis como a ocupação de áreas de nascentes, o aterramento de nascentes, à drenagem de cabeceiras, entre outros fatores, alterando toda a dinâmica fluvial.

De acordo com a Lei 12.651 de 25 de maio de 2012, no artigo quarto, parágrafo quatro, considera-se Área de Preservação Permanente (APP) as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de cinquenta metros (BRASIL, 2012).

A Resolução CONAMA 303, de 20 de março de 2002, tem como objetivo o estabelecimento de parâmetros, definições e limites referentes às Áreas de Preservação Permanente. Nesta resolução, no artigo segundo, uma nascente é definida como sendo o local onde aflora naturalmente, mesmo que de forma intermitente, a água subterrânea. A vereda é definida como sendo espaço brejoso ou encharcado, que contém nascentes ou cabeceiras de cursos d'água, onde há a ocorrência de solos hidromórficos, caracterizado predominantemente por renques de buritis do brejo ou outras formas de vegetação típica. No artigo terceiro, parágrafo dois, desta mesma resolução, diz que constitui Área de Preservação Permanente (APP) o local situado ao redor de nascente ou olho d'água, com raio mínimo de cinquenta metros, de tal forma que proteja, em cada caso, a bacia hidrográfica contribuinte (BRASIL, 2002). Esta resolução foi respaldada pela lei posterior a ela já citada, a lei 12.651/12.

Mesmo com a legislação determinando maneiras e diretrizes para a proteção ambiental, dentro do espaço urbano as nascentes são alvos constantes de impactos ambientais. Os órgãos de governo responsáveis por fiscalizar e autuar se colocam inertes em função de haver nas cidades duas dinâmicas predominantes: uma de valorização econômica e imobiliária, onde muitos desses ambientes se tornam “áreas verdes” remetendo ao fator “qualidade de vida”, ampliando assim o valor do solo urbano nesses locais. Isso leva à

revitalização de áreas de nascentes (em muitos casos canalizando nascentes), à diminuição do raio de proteção, entre outros fatores que levam à degradação das mesmas.

A outra diz respeito a áreas extremamente desvalorizadas, periféricas, desarticuladas, postergadas pelo poder público, na qual são ocupadas por população de baixa renda, sem proteção alguma, provocando, conseqüentemente, inúmeros impactos negativos sobre as nascentes. Tanto no primeiro caso como no segundo as ações públicas para controle de impactos sobre as nascentes são inconsistentes. Porém, no que se refere ao segundo caso as ações são ainda menos sólidas e, não raro, inexistentes.

Em Aparecida de Goiânia as áreas de mananciais são densamente ocupadas, fator esse que compromete a qualidade ambiental das bacias hidrográficas e das nascentes. Conforme mostrado anteriormente na Figura 7, nas bacias do córrego Almeida e Santa Rita o uso e a ocupação predominante é por área urbana e, de acordo com a pesquisa feita em campo, essa ocupação se estende para os locais destinados à preservação das nascentes.

Nesse contexto, foram analisadas a qualidade ambiental das nascentes das bacias hidrográficas dos córregos Almeida e Santa Rita utilizando o Índice de Impacto Ambiental de Nascentes (IIAN) proposto por Gomes *et al* (2005) que possibilita analisar qualitativamente o nível de impacto nesses tipos de ambientes. Os autores basearam sua classificação na que foi proposta pelo Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (Grau de Impacto de Nascente) e pela Rede de Águas do Brasil (Guia de Avaliação da Qualidade das Águas).

Aparecida de Goiânia passa por um processo de evolução urbana dentro de um contexto equivocado, tendo em vista que seu crescimento acontece de forma infrene, principalmente quando da ocupação de áreas destinadas à preservação. No município, as nascentes encontram-se degradadas por inúmeros fatores sendo a retirada da cobertura vegetal, as construções e o lançamento de resíduos sólidos os fatores mais preponderantes.

De acordo com Felipe (2009) os principais impactos ambientais que afetam as nascentes dentro de um contexto urbano são: a impermeabilização do solo, o descarte de resíduos sólidos e líquidos (domésticos e/ou industriais), a retirada da água subterrânea, a retirada da cobertura vegetal, as construções, as canalizações de rios e as ilhas de calor. Cada um desses fatores traz conseqüências para o sistema hídrico e para as nascentes especificamente, conforme pode ser observado no Quadro 4 que segue:

Quadro 4 - Impactos ambientais urbanos e suas consequências para as nascentes

IMPACTOS	CONSEQUENCIAS GERAIS NO SISTEMA HÍDRICO	CONSEQUENCIAS PARA AS NASCENTES
Impermeabilização do Solo	Aumento da velocidade e da quantidade do escoamento superficial	Descaracterização. Redução da Vazão. Desaparecimento.
Resíduos Líquidos e Sólidos (Combustível, esgoto e lixões).	Poluição das Águas Subterrâneas.	Redução na qualidade da água.
Retirada de Água Subterrânea.	Rebaixamento do Nível Freático.	Redução da Vazão. Desaparecimento.
Retirada da Cobertura Vegetal.	Intensificação dos Processos Erosivos, Assoreamento, Inundações. Diminuição da Retenção da Água. Aumento da Energia dos Fluxos Superficiais.	Descaracterização. Redução da Vazão. Desaparecimento.
Construções.	Drenagem de Nascentes. Aterramento.	Descaracterização. Desaparecimento.
Canalizações de Rios.	Aumento da Velocidade e da Energia dos Fluxos. Alteração no Padrão de Influência/Efluência dos Rios.	Descaracterização. Redução da Vazão.
Ilha de Calor.	Alteração no Padrão de Chuvas. Alteração no Padrão de Recarga.	Alteração da Vazão.

Fonte: Felipe (2009) - Adaptado por Belizário, W. (2014)

Conforme observado no Quadro 4, a redução da vazão é uma das principais consequências das ações humanas sobre as nascentes, ou seja, a maior parte dos impactos ambientais vão provocar a diminuição da quantidade de água que, posteriormente, pode ocasionar o desaparecimento dos mananciais.

Nas bacias hidrográficas dos córregos Almeida e Santa Rita muitos impactos e suas consequências para o sistema hídrico e para as cabeceiras são percebidos. Nos textos que seguem serão mostradas situações que contribuem para a perda da qualidade ambiental das nascentes.

A Figura 10 mostra a nascente a poucos metros da avenida de grande circulação, em uma área particular, totalmente desprotegida e sofrendo processo de assoreamento, erosão, acúmulo de lixo, recebendo água da galeria pluvial. A Figura 11 retrata o encontro entre a água da galeria pluvial com a nascente.



Figura 10 - Nascente. Bacia do córrego Almeida
Fonte: Fotografia de Belizário, W. (2014)



Figura 11 - Nascente. Bacia do córrego Almeida
Fonte: Fotografia de Belizário, W. (2014)

Nas imagens subsequentes está outra nascente da bacia do córrego Almeida. Na Figura 12 a nascente está a menos de dois metros da avenida de circulação. Ao lado há atividades econômicas que causam prejuízos ambientais através do descarte de resíduos sólidos e líquidos, como um ferro-velho e depósito de materiais recicláveis.

Na Figura 13 é mostrado a nascente que, devido a fatores como construções, retirada da cobertura vegetal, entre outros, migrou para parte de menor altitude. Conforme pesquisa feita, moradores mostraram onde ela nascia a 803 metros (imagem da direita). Atualmente ela nasce a 799 metros de altitude (imagem da esquerda) a cerca de 70 metros do ponto inicial, conforme pode ser observado na Figura 14.



Figura 12 - Nascente. Bacia do córrego Almeida
Fonte: Fotografia de Belizário, W. (2014)



Figura 13 - Nascente. Bacia do córrego Almeida
Fonte: Fotografia de Belizário, W. (2015)

A migração de uma nascente indica alterações na dinâmica pluvial e no sistema hídrico. É o início de um processo ambientalmente desafiador, pois reflete, de forma negativa, a magnitude das ações antrópicas sobre as nascentes, que podem levar ao desaparecimento das mesmas.

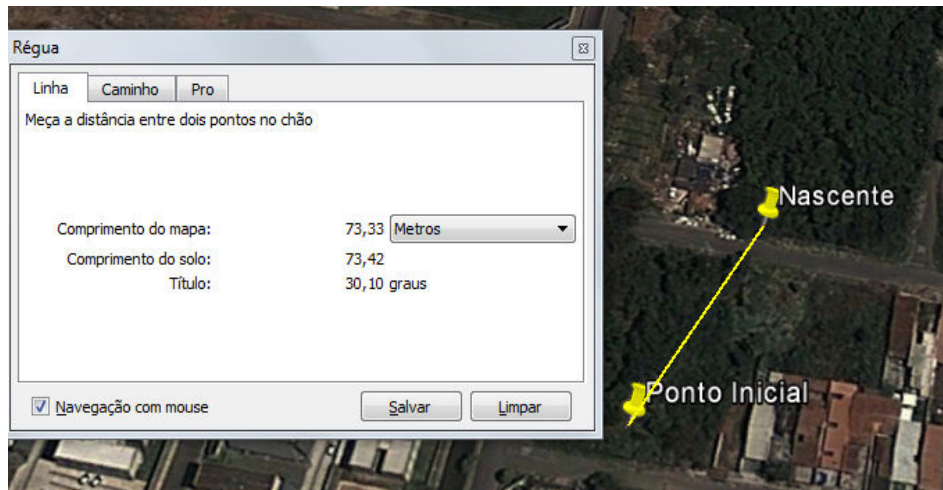


Figura 14 - Migração da nascente. Bacia do córrego Almeida.
 Fonte: Google Earth, 2014.

A contaminação por efluentes domésticos e a retirada da cobertura vegetal foram fatores degradantes encontrados em algumas das nascentes pesquisadas. Na Figura 15 a nascente recebe efluentes que vêm diretamente da residência onde ela está localizada. Na Figura 16 a nascente está completamente degradada. A vegetação foi retirada em função de uma obra pública, tornando-a totalmente desprotegida. Consequentemente lixo, entulho, entre outros elementos são facilmente encontrados no local.



Figura 15 - Nascente. Bacia do córrego Almeida
 Fonte: Fotografia de Belizário, W (2014)



Figura 16 - Nascente. Bacia do córrego Almeida
 Fonte: Fotografia de Belizário, W (2015)

A prefeitura de Aparecida de Goiânia, ao fazer obras para a construção de uma avenida aterrou uma nascente, pois ela se encontrava no local destinado para a obra. A Figura 17 mostra a nascente no ano de 2014, quando obras públicas começaram, já com elevada degradação. A Figura 18 mostra em 2015, o mesmo local já com parte das obras feitas que culminou no aterramento da nascente.



Figura 17 - Nascente. Bacia do córrego Santa Rita
Fonte: Fotografia de Belizário, W. (2014)



Figura 18 - Nascente. Bacia do córrego Santa Rita
Fonte: Fotografia de Belizário, W. (2015)

Na nascente mostrada na Figura 19 foi verificada a ausência da vegetação, o acúmulo de lixo e o lançamento de efluentes domésticos. Na Figura 20 a nascente se localiza em uma chácara. Os moradores (de acordo com relato dos mesmos) a cercaram na tentativa de “preservá-la”. A água é bombeada direto da nascente para o consumo residencial (cozinha, banheiro, jardinagem, piscina, etc).



Figura 19 - Nascente. Bacia do córrego Santa Rita
Fonte: Fotografia de Belizário, W (2014)



Figura 20 - Nascente. Bacia do córrego Santa Rita
Fonte: Fotografia de Belizário, W (2014)

Na Figura 21 é mostrada uma erosão na nascente no ano de 2014, com acúmulo de lixo, entulho entre outros materiais. Em 2015 (Figura 22) a erosão aumentou significativamente, da mesma forma a quantidade de lixo, entulho e outros materiais das mais diversas origens, além de ter sido verificado o lançamento de efluentes domésticos próximos à nascente.



Figura 21 - Nascente. Bacia do córrego Santa Rita
Fonte: Fotografia de Belizário, W (2014)



Figura 22 - Nascente. Bacia do córrego Santa Rita
Fonte: Fotografia de Belizário, W (2015)

A partir do momento em que as nascentes são degradadas, sofrendo inclusive processos de poluição e contaminação da água (em muitas situações levando ao desaparecimento das mesmas), o equilíbrio ecológico é afetado, prejudicando não só o meio natural, mas o próprio ser humano que depende de um ecossistema equilibrado para existir.

As nascentes são classificadas hidrogeologicamente em três tipos: as perenes, as temporárias e as efêmeras. O primeiro caso refere-se àquelas que possuem fluxo intermitente, ou seja, fluxo, contínuo. No segundo caso, elas só aparecem nas épocas chuvosas, ou seja, fluxo somente em estações úmidas. E o terceiro caso refere-se às nascentes que só aparecem em estações chuvosas, mas mesmo assim permanecendo com fluxo superficial por poucos dias e, em alguns casos, poucas horas.

As nascentes das bacias hidrográficas dos córregos Almeida e Santa Rita são todas perenes. Apesar de a necessidade de preservação e conservação das nascentes ser imprescindível em qualquer dos três tipos, as perenes carecem de um olhar especial, pois a degradação que leve ao desaparecimento destas pode significar alterações colossais em um sistema hídrico e o perecimento de um ecossistema ambientalmente equilibrado.

Nesse sentido, a avaliação da qualidade ambiental das nascentes faz-se necessária para trazer à luz os problemas ambientais materializados nelas e assim possibilitar novas posturas estruturais e conjunturais, sobretudo a partir da iniciativa pública no aspecto ambiental.

5.1.1 A ANÁLISE MACROSCÓPICA DAS NASCENTES

Durante a pesquisa foram feitas visitas a campo nos meses de janeiro e fevereiro do ano de 2014 e janeiro a março de 2015. Foram selecionadas 11 nascentes na área de estudo, em Aparecida de Goiânia, no Estado de Goiás, através de imagens de satélite.

Os parâmetros utilizados para análise da qualidade ambiental das nascentes foram baseadas na metodologia proposta por Gomes *et al* (2005) que, através de uma análise sensorial e perceptiva, considera a coloração aparente, o odor da água, o lixo no entorno, os materiais flutuantes, a presença de espumas e óleos, o esgoto, a vegetação, a presença de animais, o uso por seres humanos, a existência ou não de proteção, a existência de residências ou estabelecimentos nas proximidades e se as nascentes estão localizadas em áreas de inserção (áreas que visam a preservação), como fatores determinantes para a avaliação da qualidade ambiental. Cada um desses parâmetros recebe um valor que é transformado em padrão de qualidade onde quanto maior a pontuação melhor a qualidade no parâmetro, conforme mostrado no Quadro 5 abaixo:

Quadro 5 - Parâmetros macroscópicos para análise da qualidade ambiental de nascentes urbanas

Cor da água	(1) Escura	(2) Clara	(3) Transparente
Odor	(1) Cheiro Forte	(2) Cheiro Fraco	(3) Sem Cheiro
Lixo ao redor	(1) Muito	(2) Pouco	(3) Sem Lixo
Materiais Flutuantes	(1) Muito	(2) Pouco	(3) Sem Materiais Flutuantes
Espumas	(1) Muita	(2) Pouca	(3) Sem Espumas
Óleos	(1) Muito	(2) Pouco	(3) Sem Óleos
Esgoto	(1) Doméstico	(2) Fluxo Superficial	(3) Sem Esgoto
Vegetação	(1) Alta Degradação	(2) Baixa Degradação	(3) Preservada
Uso por animais	(1) Presença	(2) Apenas Marcas	(3) Não Detectado
Uso por humanos	(1) Presença	(2) Apenas Marcas	(3) Não Detectado
Proteção do local	(1) Sem proteção	(2) Com Proteção (com acesso)	(3) Com Proteção (sem acesso)
Proximidade com residência ou estabelecimento	(1) Menos de 50 metros	(2) Entre 50 e 100 metros	(3) Acima de 100 metros
Tipo de área de inserção	(1) Ausente	(2) Propriedade Privada	(3) Parques ou Áreas Protegidas

Fonte: Gomes (2005) - Adaptado por Belizário, W. (2014)

Na metodologia proposta por Gomes *et al* (2005) as nascentes foram distribuídas em classes de acordo com o grau de preservação, que foi denominado de Índice de Impacto Ambiental em Nascentes. As classes foram divididas em cinco, da seguinte maneira: Nascente de *classe A*: qualidade ambiental **ótima**; nascente de *classe B*: qualidade ambiental **boa**; nascente de *classe C*: qualidade ambiental **razoável**; nascente de *classe D*: qualidade ambiental **ruim**; e, nascente de *classe E*: qualidade ambiental **péssima**. Essas classificações se deram pela somatória dos pontos obtidos através das análises feitas em campo, conforme pode ser visto na Tabela 4.

Tabela 4 - Classificação das nascentes quanto à preservação e qualidade ambiental

CLASSES	NÍVEL DA QUALIDADE	PONTUAÇÃO
Classe A	Ótima	37 a 39 pontos
Classe B	Boa	34 a 36 pontos
Classe C	Razoável	31 a 33 pontos
Classe D	Ruim	28 e 30 pontos
Classe E	Péssima	Abaixo de 28 pontos

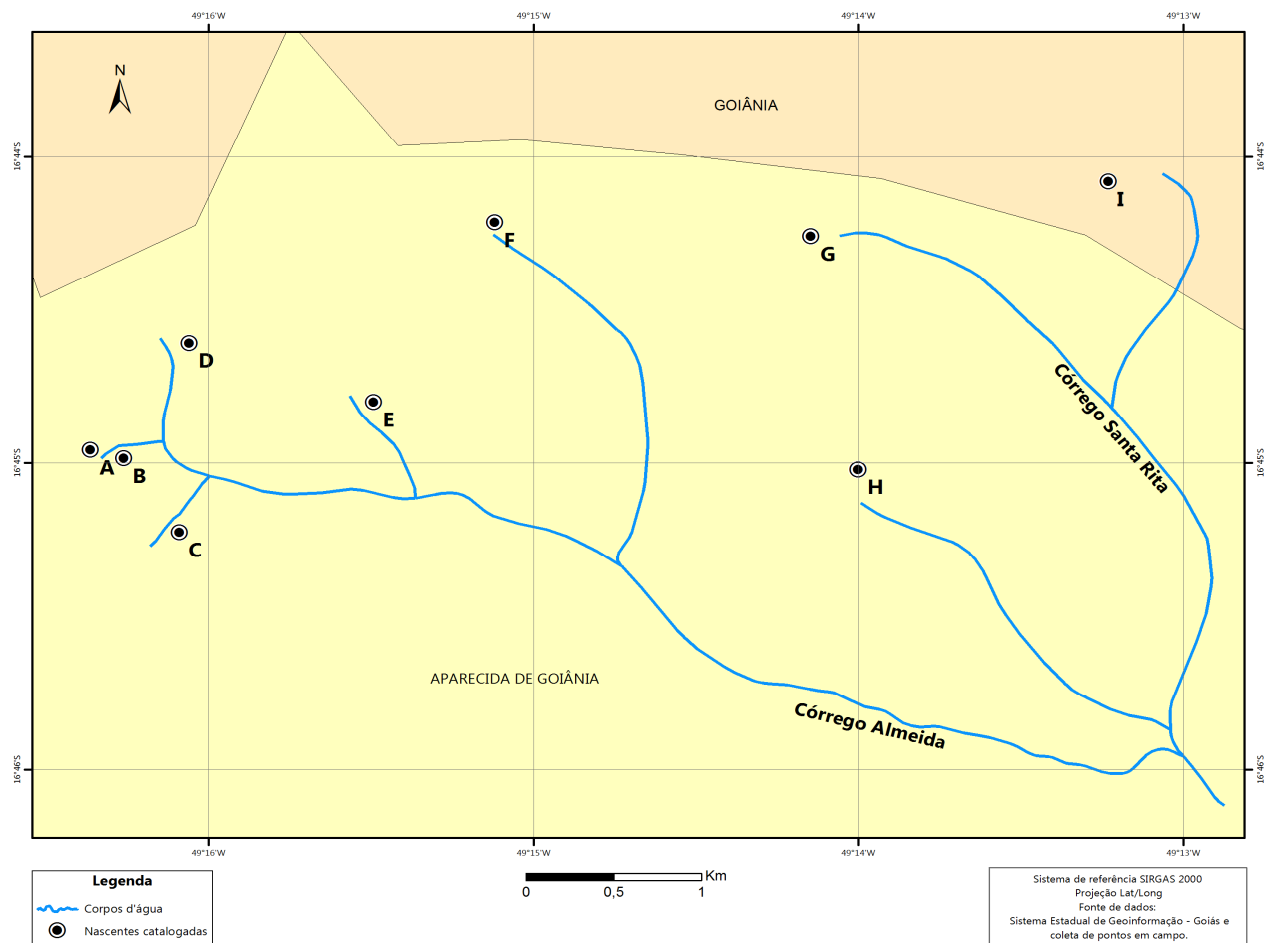
Fonte: Gomes (2005) - Adaptado por Belizário, W. (2014)

Para esta pesquisa foram consideradas nove das onze nascentes preestabelecidas, pois foram avaliadas somente as que tinham fluxo contínuo. Algumas nascentes foram de difícil e limitada análise por causa da dificuldade de acesso, sobretudo em função de algumas delas se localizarem em propriedades particulares e não ser permitida a entrada para a pesquisa.

O mapa a seguir (Figura 23) mostra a localização das nascentes analisadas. Os pontos foram coletados em campo e as análises feitas *in loco*. A maioria das nascentes encontra-se em estado moderado e grave de degradação com exceção de poucas que estão sendo preservadas de forma pontual, porém a preservação está em um patamar não aceitável em termos de legislação, pois há o descompasso entre o nível de preservação e o que estabelece a lei.

Nesse sentido há uma falha de gestão, pois não há elementos que possibilitem a preservação desses ambientes e a manutenção do equilíbrio ecológico bem como do equilíbrio de todo o sistema hídrico local.

Figura 23 - Nascentes das bacias hidrográficas dos córregos Almeida e Santa Rita



Fonte: Elaborado por Siza, L; Belizário, W. (2014)

As nove nascentes analisadas na pesquisa foram denominadas de *nascente A*, *nascente B*, *nascente C*, *nascente D*, *nascente E*, *nascente F*, *nascente G*, *nascente H* e *nascente I*. A maior parte das nascentes que formam os cursos superficiais das bacias hidrográficas é formada pelo lençol freático, classificadas como nascentes de contato ou de encosta (A, C, D, E, F, G, H).

De acordo com Valente e Gomes (2005) As nascentes podem ser formadas tanto por lençóis freáticos quanto artesianos podendo surgir por contatos das camadas impermeáveis com a superfície, por afloramento dos lençóis em depressões de terreno, por falhas geológicas ou por canais cársticos. Assim, as nascentes de encosta são aquelas onde o fluxo de água surge em um único local do terreno, quando a inclinação da camada impermeável é menor que a inclinação da encosta, possibilitando encontro com a superfície, originando o afloramento do lençol.

De acordo com São Paulo (2009, apud Linsley e Franzini, 1978):

Quando a descarga de um aquífero se concentra em uma pequena área localizada, tem-se a nascente ou olho d'água. Esse pode ser o tipo de nascente sem o acúmulo d'água inicial, comum quando o afloramento ocorre em um terreno declivoso, surgindo em um único ponto de decorrência de a inclinação da camada impermeável ser menor que a da encosta. São exemplos desse tipo as nascentes de encosta e de contato (p. 6).

De todas as nascentes somente uma delas é formada por diversos afloramentos superficiais difundidos por uma área, sendo, nessa situação, conhecida como nascente difusa (Nascente B). De acordo com São Paulo (2009) as nascentes difusas ocorrem quando a superfície freática intercepta a superfície do terreno e o escoamento acontece espreado numa área. Dessa forma o afloramento tende a ser difuso, formando um grande número de pequenas nascentes por todo o terreno. De acordo com Valente e Gomes (2005), a nascente difusa é aquela formada por pequenos vazamentos superficiais espalhados por uma área que se apresenta encharcada (brejo) e vai acumulando água em poças até dar início a fluxos contínuos, sendo conhecidas como nascentes difusas.

5.1.1.1 NASCENTE A

A *nascente A* localiza-se na Avenida Alameda do Almeida com Avenida Bartolomeu Bueno, nas coordenadas $16^{\circ}44'57.07''S$ e $49^{\circ}16'21.39''O$, a 810 metros de altitude, no setor Jardim Luz em Aparecida de Goiânia/GO (Figura 24).

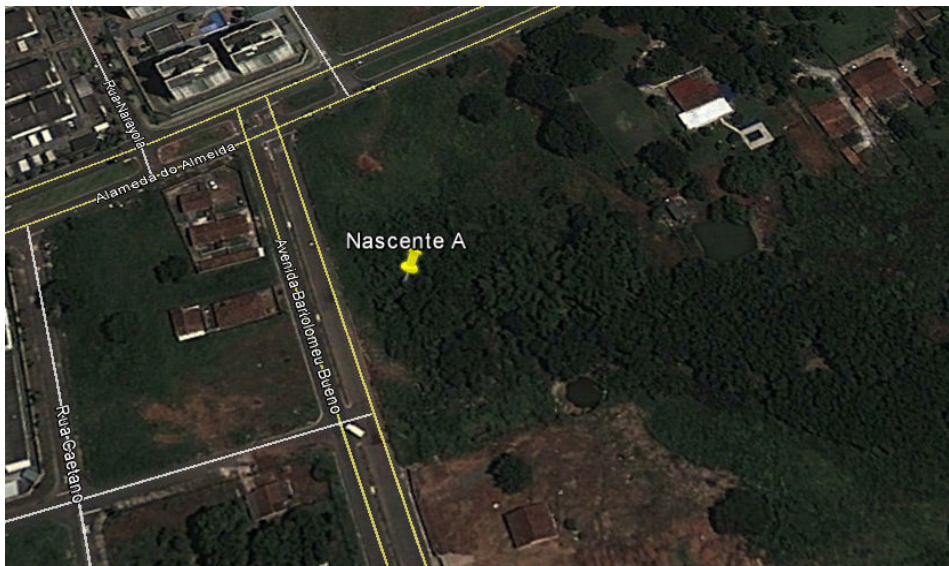


Figura 24 - Nascente A. Bacia do córrego Almeida.
Fonte: Google Earth, 2014.

A nascente encontra-se muito próxima à avenida de circulação e recebe efluentes da galeria de água pluvial, fazendo com que o lixo das ruas, óleos, esgotos (quando há vazamento), areia, entre outros, afetem a nascente. Durante a análise foi identificado muito

entulho, lixo, proximidade com residências, e não foi constatada área de proteção preservada, estando a vegetação remanescente em baixo estado de conservação (Figuras 25 e 26).



Figura 25 - Nascente A. Encontro da água pluvial com a água da nascente.

Fonte: Fotografia de Belizário, W. (2014)



Figura 26 - Nascente A. Entorno da nascente.

Fonte: Fotografia de Belizário, W. (2014)

A água da nascente encontra-se em bom estado pelo aspecto da cor. Não foi detectado odor de nenhuma fonte. A presença de lixo é pouca, não há materiais flutuantes, nem espumas, nem óleos. Não houve identificação de esgoto sendo lançado *in natura*, no momento da pesquisa. Foi verificado apenas marcas da presença de animais, porém o uso é contínuo por humanos, inclusive com o bombeamento da água para uso residencial. A proteção do local é inexistente, a proximidade da nascente com residências se dá a menos de 50 metros, a vegetação que circunda a nascente está abaixo dos 50 metros e não há área de inserção no local. Assim, de acordo com os parâmetros de qualidade, a pontuação da *nascente A* é 28. Portanto, está em nível **ruim** de qualidade, conforme pode ser observado na Tabela 5.

Tabela 5 - Qualidade ambiental da nascente A

Nascente A (16°44'57.07"S e 49°16'21.39"O, 810 m)			
Características	Pontuação	Características	Pontuação
Cor da água	3	Vegetação	2
Odor	3	Uso por animais	2
Lixo ao redor	2	Uso por humanos	2
Materiais Flutuantes	3	Proteção do local	1
Espumas	3	Proximidade com residência ou estabelecimento	1
Óleos	3	Tipo de área de inserção	1
Esgoto	2		
Pontuação Total		28	
Qualidade		Ruim	
Enquadramento		Casse "D"	

Fonte: Elaborado por Belizário, W. (2015)

5.1.1.2 NASCENTE B

A nascente B localiza-se na Rua dos Carvalhos, nas coordenadas 16°44'59.18"S e 49°16'14.11"O, a 800 metros de altitude, no Jardim Luz em Aparecida de Goiânia (Figura 27).



Figura 27 - Nascente B. Bacia do córrego Almeida.
Fonte: Google Earth, 2014.

É uma área bem preservada, proporcionando melhor qualidade ambiental para o manancial. Essa é uma nascente difusa, conforme citado anteriormente. Como se encontra distante das avenidas de circulação e das residências os impactos ambientais são menores, proporcionando à nascente boas avaliações nos aspectos ambientais (Figuras 28 e 29).



Figura 28 - Nascente B. Difusa.
Fonte: Fotografia de Belizário, W. (2014)



Figura 29 - Nascente B. Ótima qualidade ambiental.
Fonte: Fotografia de Belizário, W. (2014)

A cor da água é transparente, não há odor nem cheiro característicos de sistemas de poluição, não há presença de lixo, nem materiais flutuantes. Não há espuma, nem óleos, nem