



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

BRUNO NAKAGOMI

**CAPACIDADE DE CARGA E METODOLOGIA P.E.I.R: UMA NOVA PROPOSTA METODOLÓGICA
DE ANÁLISE AMBIENTAL**

BRASÍLIA

2012

BRUNO NAKAGOMI

CAPACIDADE DE CARGA E METODOLOGIA P.E.IR: UMA NOVA PROPOSTA METODOLÓGICA
DE ANÁLISE AMBIENTAL

Monografia apresentada ao Departamento de Geografia da Universidade de Brasília, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Valdir Adilson Steinke

Brasília

2012

BRUNO NAKAGOMI

CAPACIDADE DE CARGA E METODOLOGIA P.E.I.R: UMA NOVA PROPOSTA METODOLÓGICA
DE ANÁLISE AMBIENTAL

Monografia apresentada ao Departamento de Geografia da Universidade de Brasília, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Valdir Adilson Steinke

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Valdir Adilson Steinke – UnB (Orientador)

Prof. Dr. Everaldo Batista da Costa – UnB

Prof. Dr. Roberto Arnaldo Trancoso Gomes – UnB

Brasília, 4 de Outubro de 2012

Nakagomi, Bruno

Capacidade de carga e metodologia P.E.I.R: uma nova proposta metodológica de análise ambiental. / Bruno Nakagomi. -- Brasília, 2012.

51p. il. 31cm.

Monografia de Graduação – Universidade de Brasília. Instituto de Ciências Humanas. Departamento de Geografia, Brasília-DF, 2012.

Orientador(a): Valdir Adilson Steinke

1. Bacias Hidrográficas. 2. Capacidade de Carga. 3. Método. 4. Gestão. 5. Planejamento. I Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor orientador Valdir Adilson Steinke pelo tempo, apoio e paciência dedicados a esta pesquisa.

Agradeço a todos os meus professores e amigos que fiz durante estes anos, que estiveram comigo sempre e me apoiaram neste curso que me fez ter outra visão do mundo.

Agradeço a minha família, especialmente meu pai Osvaldo Hizasi Nakagomi e meu irmão Fábio Nakagomi por todo apoio em toda minha vida, sem vocês nada disso seria possível.

Brasília

2012

RESUMO

O trabalho aqui apresentado tem como objetivo testar um método de planejamento e gestão de bacias hidrográficas de pequeno porte com presença de meio urbano. A região administrativa de Águas Claras (Distrito Federal) foi escolhida como área teste para o procedimento baseado em uma adaptação do trabalho de capacidade de carga turística de Miguel Cifuentes Arias e associando a metodologia Pressão-Estado-Impacto-Resposta concebida pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico. Neste trabalho buscaram-se as limitações e potencialidades da proposta como ferramenta para gestão ambiental de bacias a partir dos resultados obtidos no estudo de caso.

Palavras-chave: Bacias hidrográficas, capacidade de carga, método, gestão, planejamento.

Sumário

| | |
|---|----|
| 1. Introdução | 8 |
| 1.2. Fundamentação teórica | 9 |
| 1.2.1 Planejamentos ambiental e urbano | 9 |
| 1.2.2 Gestão de recursos hídricos..... | 11 |
| 1.2.3 Bacia hidrográfica | 13 |
| 1.2.4 Hierarquia fluvial | 18 |
| 1.2.5 Ciclo hidrológico | 18 |
| 1.2.6 Drenagem urbana | 20 |
| 1.2.7 Impactos ambientais em áreas urbanas | 22 |
| 1.2.8 SIG (Sistema de Informações Geográficas) | 23 |
| 1.2.9 Metodologia Pressão – Estado – Impacto – Resposta (P.E.I.R) | 24 |
| 1.2.10 Capacidade de carga..... | 27 |
| 2. Procedimentos Metodológicos | 30 |
| 2.1 Área de Estudo | 30 |
| 2.2 Materiais | 34 |
| 2.3 Abordagem Metodológica | 35 |
| 2.4 Coleta e tratamento dos dados..... | 36 |
| 3. Resultados e Discussões | 40 |
| 3.1 Capacidades de carga real da bacia do córrego Águas Claras..... | 40 |
| 3.2 Divisões das áreas da bacia e declividade..... | 40 |
| 3.3 Capacidades de carga efetiva..... | 43 |
| 3.4 Identificação dos elementos da metodologia P.E.I.R..... | 46 |
| 4. Considerações finais | 47 |
| Referências Bibliográficas..... | 49 |

1. Introdução

A atividade antrópica causa impactos profundos nos recursos naturais no atual contexto da sociedade. A demanda de quantidades cada vez maiores de recursos devido à dinamização e diversificação dos processos produtivos é reflexo de uma sociedade crescente que exige uma escala maior da produção industrial, pressionando os recursos naturais e exaurindo o meio ambiente.

Inserido nesse meio está o gestor, cuja função é buscar meios para exploração dos recursos naturais de forma eficiente e sustentável. Dentre as ferramentas de gestão, está o planejamento ambiental como forma de estudo do meio ambiente relacionando os fatores bióticos e abióticos, permitindo uma visão dos impactos antrópicos incidentes no ambiente em estudo.

O planejamento ambiental envolve tomada de decisões que influenciam diretamente no meio e, portanto a quantidade de dados exigidos para embasamento dessas decisões é incrivelmente alta. A necessidade do levantamento do uso da terra e outros dados sobre a paisagem possibilitam uma grande quantidade de dados sobre as dinâmicas espaço-temporais, cujo tratamento dos dados requer um nível de exigência alto, que seja ágil e de custo relativamente baixo (FERREIRA, 2009). O uso de geoprocessamento e SIG (sistema de informações geográficas) cobre de forma eficiente a necessidade de coleta, organização e tratamento dos dados necessários para o planejamento.

Existem diversas metodologias sobre planejamento ambiental que visam a identificação e gestão de problemas envolvendo o uso da terra, como a metodologia de Diagnóstico Físico-Conservacionista para Bacias Hidrográficas (DFC), que foca na análise dos fatores físicos e bióticos de uma bacia hidrográfica, contribuindo na elaboração de diretrizes e estratégias para uso racional da terra e indicação de formas de uso a partir das potencialidades e limitações ecológicas da área (BELTRAME apud FERREIRA, 2009). E a metodologia de análise de fragilidade ambiental proposta por Rossi (1994), que busca a identificação dos ambientes naturais e suas fragilidades potenciais e emergentes, proporcionando uma definição melhor das diretrizes e ações a serem implementadas no

espaço físico-territorial, servindo de base para o zoneamento e fornecendo subsídios para o planejamento e gestão do território (SPÖRL; ROSS, 2004).

Partindo dessa temática de planejamento ambiental e suas metodologias, o presente trabalho propõe, como objetivo geral, testar um método de planejamento e gestão de bacias hidrográficas de pequeno porte inseridas em meio urbano, baseado na metodologia Pressão – Estado – Impacto – Resposta (P.E.I.R.) apresentada por Ariza e Araujo Neto (2010) associando a esta proposta o conceito de capacidade de carga, adaptado do trabalho de Arias (1999). Especificamente, dois objetivos são mirados:

- Indicar as potencialidades e limitações da proposta de metodologia;
- Propor um procedimento mais rápido para diagnósticos de pequenas bacias hidrográficas situadas em meio urbano.

1.2. Fundamentação teórica

1.2.1 Planejamentos ambiental e urbano

Planejamento é uma ferramenta de gestão, cuja falta tende a condicionar a limitação do crescimento urbano. Prazos e custos dependem do grau de emergência e prioridade da gestão pública, que são determinantes na execução de um planejamento.

O planejamento e a gestão ambiental urbana, que compreendem a formulação e aplicação de instrumentos normativos, a realização de projetos e intervenções, o acesso a recursos e a interface com os diferentes interesses que convivem na cidade, proporcionam elementos para cidades mais sustentáveis. (PERES; MEDIONDO, 2004).

“O conceito de planejamento ambiental vem sendo cada vez mais discutido no Brasil como uma nova modalidade de planejamento orientada para as intervenções humanas dentro da capacidade de suporte dos ecossistemas.” (PERES; MEDIONDO, 2004). Segundo Peres (apud FRANCO, 2001), planejamento ambiental é um plano de toda ação antrópica no território que leva em conta a capacidade de suporte dos ecossistemas a nível local e regional sem a perda da visão sobre as questões de equilíbrio das escalas maiores, objetivando uma melhora na qualidade de vida contida em uma ética ecológica baseada nas

interações que a mantém. “As ações de Planejamento Ambiental transcendem os limites políticos e devem levar em conta os limites das bacias hidrográficas, como apresentado na Lei nº 6.938, da Política Nacional de Meio Ambiente de 1981.” (PERES; MENDIONDO, 2004).

De forma geral, planejamentos ambientais são elaborados como sistemas estruturados que envolvem etapas distintas. Cada etapa compreende uma série de procedimentos que comumente são desenvolvidos usando-se metodologias cujos arcabouços originaram-se dos planejamentos urbanos, sistemas de avaliação de recursos hídricos e avaliações de impacto ambiental. A utilização de dados ambientais é comum, sendo manuseados entre as etapas de diagnóstico e a seleção de alternativas, ou seja, aquelas que se utilizam de métodos que envolvem análise espacial, matrizes e modelos.

A Agenda 21 prescreve a necessidade do Planejamento Ambiental afirmando que a redução da pobreza urbana só será possível mediante o planejamento e administração do uso sustentável do solo. Promovendo tecnologias de obtenção de energia mais eficientes, reflorestamento para obtenção de energia de biomassa, incentivo ao transporte público de massa, vias seguras para ciclistas e pedestres, cultura de segurança através da educação pública, pesquisa sobre riscos, uso de materiais locais, etc. (PERES; MENDIONDO, 2004).

A qualidade de vida urbana que um planejamento propõe necessita também focar no quesito água, recurso finito e ameaçado fundamental para habitação de centros urbanos. A questão de recursos hídricos é o centro do debate atual sobre qualidade de vida urbana. (BRAGA, 2003).

A questão dos recursos hídricos perpassa todos os componentes do ecossistema urbano, desde a localização das populações humanas e não humanas à qualidade da estrutura física e dos recursos, influenciando fortemente na qualidade ambiental e de vida nas cidades. A Agenda 21 trata de vários problemas e soluções dentro da escala local, onde a cooperação e participação das autoridades locais são fundamentais para realização dos objetivos que constam na Agenda. As autoridades locais constroem, operam e mantêm a infraestrutura econômica, social e ambiental, supervisionam os processos de planejamento, estabelecem as políticas e regulamentações ambientais locais e contribuem para a implementação de políticas ambientais nacionais e subnacionais. (BRAGA, 2003).

A qualidade ambiental das cidades está ligada a três principais fatores: consumo dos recursos naturais (água, principalmente), despejo de resíduos no meio ambiente (especialmente na água e ar) e as formas de uso e ocupação do solo (fatores locacionais que maximizam ou minimizam o impacto das atividades no meio e na população). O equacionamento desses três fatores consiste no cerne da chamada gestão ambiental urbana. (BRAGA, 2003).

Segundo Braga (2003), as políticas ambientais estão focadas apenas no consumo dos recursos e despejo de resíduos, deixando as formas de uso e ocupação do solo para o campo do planejamento urbano. Notadamente devido aos dois primeiros serem objeto da União e dos Estados e o último do Município. Ocorre um déficit de política urbana por parte dos primeiros e uma carência de política ambiental, por parte deste último. Dessa falta de articulação decorre a maior parte dos problemas de gestão ambiental nas cidades brasileiras.

No Brasil, o instrumento de planejamento urbano mais difundido é o zoneamento, mas sua prática tem tido um caráter muito mais econômico, afeito às vicissitudes do mercado imobiliário, do que aos problemas socioambientais das cidades (BRAGA, 2003). É fundamental que as leis de zoneamento urbano incorporem diretrizes de proteção e controle ambiental sobretudo de modo a controlar o uso e a ocupação de fundos de vale, das áreas sujeitas à inundação, das cabeceiras de drenagem, das áreas de alta declividade e a promover o aumento da permeabilidade do solo urbano. Braga (2003) indica a incorporação do zoneamento ambiental como instrumento urbanístico, previsto no próprio Estatuto da Cidade (em seu Artigo 4o., inciso III, alínea d).

1.2.2 Gestão de recursos hídricos

A gestão de águas no Brasil é datada desde 1909 (SILVA; PRUSKI, 2000) e ao longo da história foi ganhando mais importância dentro da legislação brasileira. Silva e Pruski (2000) mostram que a Constituição de 1946 foi a primeira a regulamentar a utilização dos recursos naturais, visando a exploração econômica dos mesmos. A Constituição de 1967, numa visão desenvolvimentista, enfatizou o caráter de exploração aos recursos ambientais. Já a Constituição de 1988 eleva os recursos hídricos a uma condição de especial cuidado, pois é marcante o elevado número de artigos que abordam esse assunto, dez ao todo.

A Lei 9.433 chamada de Lei das Águas, de 8/1/97, institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Essa lei formula diretrizes a serem observadas na implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos. São diretrizes a serem seguidas pelos organismos públicos e privados que irão gerir ou administrar as águas (SILVA; PRUSKI, 2000). A lei indica estratégias de ação e recomenda parcerias com outros órgãos. Segundo Silva e Pruski (2000), para serem colocadas em prática e não serem excluídas do cotidiano do gerenciamento hídrico, as diretrizes precisam estar inseridas nas várias etapas dos procedimentos de outorga do direito de uso das águas, na elaboração do Plano de Recursos Hídricos (PNRH) e na efetivação do sistema de cobrança pelo uso das águas.

O PNRH, estabelecido pela Lei 9.433/97, é um dos instrumentos que orienta a gestão das águas no Brasil. O documento final foi aprovado pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) em 30 de Janeiro de 2006. O objetivo geral do Plano é o estabelecimento de um pacto nacional para definição de diretrizes e políticas públicas voltadas para a melhoria da oferta de água, em quantidade e qualidade, gerenciando as demandas e considerando a água um elemento estruturante para implementação de políticas setoriais, sob a ótica do desenvolvimento sustentável e da inclusão social. Já os objetivos específicos são: assegurar a melhoria das disponibilidades hídricas, superficiais e subterrâneas, em quantidade e qualidade; redução dos conflitos reais e potenciais de uso da água, bem como dos eventos hidrológicos críticos e; percepção da conservação da água como valor socioambiental relevante.

A gestão dos recursos hídricos deve ser feita de forma sistemática abarcando quantidade e qualidade. As diferenças físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do país devem ser levadas em conta pela gestão. As diferenças entre as várias bacias hidrográficas devem ser observadas, pois elas são as unidades territoriais básicas de planejamento de uso (art. 2º, VI) e não somente as regiões e Estados (SILVA; PUSKI, 2000). O modelo de gestão adotado pelo Brasil é o francês, baseado em planos por bacias hidrográficas e gestão hídrica participativa e descentralizada. Silva e Puski (2000) alertam para não confundir a gestão das águas com a competência para legislar sobre as águas. “A descentralização recomendada e

instaurada pela Lei 9.433/97 foi no domínio da gestão, pois a competência para legislar sobre as águas continua centralizada nas mãos da União.” (SILVA; PUSKI, 2000).

A Lei Nº 9.984 de 17 de Junho de 2000 criou a Agência Nacional de Águas (ANA), autarquia sob regime especial, com autonomia administrativa e financeira, vinculada ao Ministério do Meio Ambiente. A finalidade da agência é implementar, em sua esfera de atribuições, a Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei Nº 9.433/97. Compete à ANA a criação de condições técnicas para implementar a Lei das Águas, promover a gestão descentralizada e participativa, em sintonia com os órgãos e entidades que integram o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, implantação dos instrumentos de gestão previstos na Lei 9.433/97, dentre eles, a outorga preventiva e de direito de uso de recursos hídricos, a cobrança pelo uso da água e a fiscalização desses usos, e ainda, buscar soluções adequadas para dois graves problemas do país: as secas prolongadas (especialmente no Nordeste) e a poluição dos rios.

Dentro da Lei Nº 9.433/97 está explícito a criação dos Comitês de Bacia Hidrográfica, que são órgãos colegiados com atribuições normativas, deliberativas e consultivas a serem exercidas na bacia hidrográfica de sua jurisdição. Esses Comitês integram o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGRH) e atuam diretamente sob a unidade básica do PNRH, que é a bacia hidrográfica. Ambos os órgãos gestores (ANA e Comitês) do SINGRH seguem as resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA que tem a função de estabelecer normas, critérios e padrões relativos ao controle e manutenção da qualidade do meio ambiente, com vistas ao uso racional dos recursos ambientais, especialmente os hídricos.

1.2.3 Bacia hidrográfica

Conjunto de canais de escoamento inter-relacionados, definindo a área drenada por um determinado rio ou sistema fluvial (CHRISTOFOLETTI, 1980) cuja área bem definida intercepta a chuva e a transporta até o curso d'água, podendo ser chamada de bacia hidrográfica, bacia de drenagem ou área de captação (GRIBBIN, 2009). Os limites da bacia são chamados de divisores da bacia ou divisores de águas, sendo determinados pela topografia da região. O ponto determinante do início de uma bacia é chamado de exutório, que é o ponto de escoamento da bacia (GRIBBIN, 2009).

Segundo Tucci (apud SILVEIRA, 2002) a precipitação que cai sobre as vertentes infiltra-se totalmente nos solos até haver saturação superficial destes, momento em que as taxas de infiltração começam a decrescer, ocorrendo o surgimento de escoamentos superficiais, se a precipitação persistir. Dentro do contexto da bacia hidrográfica, o escoamento superficial pode ser entendido como um produto, sendo as vertentes consideradas fontes produtoras (SILVEIRA, 2002), a água resultante segue diretamente para a rede de drenagem, encarregada de transportá-la à saída da bacia, ou exutório. Sedimentos também são produzidos em bacias hidrográficas devido a processos de erosão, sendo esses transportados juntos ao produto do escoamento superficial pela rede de drenagem. Sedimentos estes produzidos nos próprios leitos dos rios (SILVEIRA, 2002).

Silveira (2002) descreve uma bacia hidrográfica como: “um sistema físico onde a entrada é o volume de água precipitado e a saída é o volume de água escoado pelo exutório, considerando-se como perdas intermediárias os volumes evaporados e transpirados e também os infiltrados profundamente”. Sendo a bacia um sistema, é possível quantificar a entrada e saída de água, e assim produzir um estudo morfométrico de bacias. Ainda segundo Silveira (2002), o papel hidrológico da bacia hidrográfica é o de transformar uma entrada de volume concentrada no tempo (precipitação) em uma saída de água (escoamento) de forma mais distribuída no tempo.

A quantidade de água que atinge os cursos fluviais depende do tamanho da área ocupada pela bacia, da precipitação total e seu regime e das perdas devido à evapotranspiração e à infiltração (CHRISTOFOLETTI, 1980). As bacias podem ser classificadas de acordo com seu escoamento global, onde:

A) Exorreica – escoamento das águas de modo contínuo até o mar ou oceano, ou seja, as bacias hidrográficas desembocam diretamente no nível do mar.

B) Endorreica – drenagens internas sem escoamento até o mar, desembocando em lagos ou dissipando-se em áreas de deserto ou perdendo-se em depressões cársticas.

C) Arreica – nenhuma estrutura de bacia hidrográfica, comum nas áreas desérticas cuja precipitação é negligenciável e a atividade dunária é intensa, obscurecendo as linhas e os padrões de drenagem.

D) Criptorreica – bacias subterrâneas, como em áreas cársticas. A drenagem subterrânea acaba surgindo em fontes ou integra-se em rios subterrâneos.

Christofolletti (1980) aponta os rios também como objetos de classificação além das bacias, onde segundo William Morris Davis, é considerada a linha geral do escoamento dos cursos de água em relação à inclinação das camadas geológicas. O autor descreve as classificações dos rios:

a. Consequentes - rios cujo curso foi determinado pela declividade da superfície terrestre, geralmente coincidindo com a direção da inclinação principal das camadas. Tais rios formam cursos de lineamento reto em direção às baixadas, compondo uma drenagem paralela

b. Subsequentes – rios cuja direção de fluxo é controlada pela estrutura rochosa acompanhando sempre uma zona de fraqueza (falhas, juntas, camadas de rocha delgada facilmente erodíveis). Nas áreas sedimentares. Correm perpendiculares à inclinação principal das camadas.

c. Obsequentes – rios que correm em sentido inverso à inclinação das camadas ou à inclinação original dos rios consequentes. Em geral, descem as escarpas até o rio subsequente.

d. Ressequente – aqueles que fluem na mesma direção dos rios consequentes, mas nascem em nível mais abaixo. Em geral, nascem no reverso das escarpas e desembocam em um subsequente.

e. Insequentes – rios que não possuem razão aparente para seguirem uma orientação geral preestabelecida, ou seja, quando nenhum controle da estrutura geológica se torna visível na disposição espacial da drenagem. Correm de acordo com as particularidades da morfologia, em direções variadas. Comuns em áreas de topografia plana em homogeneidade litológica.

É importante expor os padrões de drenagem que são arranjos espaciais dos cursos fluviais, podendo ser influenciados em sua atividade morfogenética pela natureza e disposição das camadas rochosas, resistência litológica variável, diferenças de declividade e pela evolução geomorfológica da região (CHRISTOFOLETTI, 1980). O autor, utilizando

critérios geométricos e da disposição fluvial, descreve os tipos básicos de padrões de drenagem:

a) *Drenagem dendrítica* – designada também como arborescente devido seu desenvolvimento lembrar a configuração de uma árvore. A corrente principal seria o tronco da árvore, os tributários seriam os ramos e as correntes de menor categoria seriam os ramos menores e folhas. As correntes tributárias distribuem-se em todas as direções sobre a superfície do terreno, ao se unirem formam ângulos agudos de graduação variada, mas nunca formando um ângulo reto. Confluências em ângulos retos no padrão dendrítico constituem anomalias atribuídas, em geral, a fenômenos tectônicos. O padrão dendrítico é típico sobre rochas de resistência uniforme, ou em estruturas sedimentares horizontais.

Existem padrões dendríticos subsidiários, descritos como pinadas, subparalelas ou anastomosadas. O padrão pinado apresenta tributários paralelos que se unem ao rio principal em ângulos retos. O padrão subparalelo apresenta ângulos pequenos nas confluências dos rios subsidiários e do principal. O padrão anastomosado é característico das planícies de inundação, consistindo de canais que se bifurcam e se confluem de maneira aleatória.

b) *Drenagem em treliça* – drenagem composta por rios principais consequentes, correndo paralelamente, recebendo afluentes subseqüentes que fluem em direção transversal aos primeiros; os subseqüentes recebem rios obseqüentes e reseqüentes. As confluências ocorrem normalmente em ângulos retos. Esse padrão de drenagem possui um controle estrutural muito acentuado devido às resistências das camadas inclinadas serem desiguais. Aflorando sobre faixas estreitas e paralelas, o entalhe dos tributários subseqüentes sobre as rochas mais frágeis promove a formação de cristas paralelas, devido às camadas mais resistentes, acompanhadas de vales subseqüentes nas rochas mais brandas.

O padrão em treliça é encontrado em estruturas sedimentares homoclinais, em estruturas falhadas e nas cristas anticlinalis. Pode também se desenvolver em áreas de glaciação, onde ocorrem aspectos lineares do modelado glaciário. Em todas as variações, no lineamento geral dos cursos de água, predomina a direção reta e as alterações do curso se fazem em ângulos retos.

c) *Drenagem retangular* – é uma modificação da drenagem em treliça, caracterizado pelo aspecto ortogonal devido às bruscas alterações retangulares no curso das correntes fluviais, tanto nas principais como nas tributárias. Essa configuração é consequência da influencia exercida por falhas ou pelo sistema de juntas ou de diáclases. Em determinadas ocasiões, a presença desse padrão está relacionado à composição diferente das camadas horizontais ou homoclinais.

d) *Drenagem paralela* – ocorre quando os cursos de água, sobre uma área considerável, ou em numerosos exemplos sucessivos, escoam quase paralelamente uns aos outros. Devido a essa disposição, também são denominados de *cauda equina ou rabo de cavalo*. Localizada em áreas onde há presença de vertentes com declividades acentuadas ou onde existem controles estruturais que motivam a ocorrência de espaçamento regular, quase paralelo, das correntes fluviais. É um padrão comum em áreas de falhas paralelas ou regiões com lineamentos topográficos paralelos.

Esse padrão possui dois subtipos: 1) *subparalelo*, quando os cursos de água assemelham-se à disposição geral, mas sem a regularidade da configuração paralela, e 2) *colinear*, na qual é formada por cursos paralelos e alternadamente superficiais e subterrâneos, encontrado em áreas de rios intermitentes fluindo sobre materiais porosos e de lineamento aproximadamente retilíneo.

e) *Drenagem radial* – composta por correntes fluviais que se encontram disposta como os raios de uma roda, em relação a um ponto central. Pode se desenvolver sobre os mais variados embasamentos e estruturas. Duas configurações são as mais importantes: 1) *centrífuga*, quando as correntes são do tipo conseqüente e divergem a partir de um ponto ou área que se encontra em posição elevada, como em domos, cones vulcânicos, morros isolados e em outros tipos de estruturas isoladas de forma dômica; 2) *centrípeda*, quando os rios convergem para um ponto ou área central, localizada em posição mais baixa, como em bacias sedimentares periclinais, crateras vulcânicas e depressões topográficas. É uma configuração comum e sua designação pode ser aplicada a um grande conjunto de disposições cuja drenagem converge para um ponto comum.

f) *Drenagem anelar* – padrão que se assemelha a um anel. É um padrão típico de áreas dômicas profundamente entalhadas, em estruturas com camadas duras e frágeis. A

drenagem acomoda-se aos afloramentos das rochas menos resistentes, originando cursos subseqüentes, recebendo tributários obseqüentes e resseqüentes.

g) *Drenagens desarranjadas ou irregulares* – são aquelas que foram desorganizadas por um bloqueio ou erosão, como a da glaciação sobre amplas áreas, ou resultam do levantamento ou entulhamento (entulhamento de lagos e áreas litorâneas, por exemplo) de áreas recentes, onde a drenagem ainda não se organizou.

A bacia de estudo do córrego Águas Claras é um tributário de primeira ordem do lago Paranoá

1.2.4 Hierarquia fluvial

Processo de classificação de determinado curso de água (ou da área drenada que lhe pertence) no conjunto total da bacia hidrográfica na qual se encontra (CHRISTOFOLETTI, 1980). A função da classificação é a de facilitar e objetivar os estudos morfométricos sobre bacias de drenagem.

O sistema adotado para este trabalho será o proposto por Arthur N. Strahler, em 1952, onde canais menores, sem tributários, são de primeira ordem, tendo origem desde a nascente até a confluência; canais de segunda ordem recebem afluentes de primeira ordem e surgem da confluência de dois canais de primeira ordem; os canais de terceira ordem nascem da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber apenas afluentes de primeira e segunda ordem; os de quarta ordem surgem da confluência de dois canais de terceira ordem, com afluentes de ordens inferiores, e assim sucessivamente. O modelo de Strahler retira a necessidade de o rio principal ter o mesmo número de ordem em toda sua extensão, não ocorrendo necessidade de refazer a numeração a cada confluência.

1.2.5 Ciclo hidrológico

“O ciclo hidrológico é o fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e à rotação terrestre.” (SILVEIRA, 2002, p. 35).

A superfície terrestre engloba continente e oceanos, sendo parte do ciclo hidrológico a camada porosa que recobre os continentes (rochas, solo) e o reservatório formado pelos oceanos (SILVEIRA, 2002). A circulação da água na superfície e no interior de solos e rochas e

nos seres vivos é metade do ciclo, a outra metade ocorre na atmosfera. Segundo Silveira (2002), o ciclo hidrológico ocorre em dois sentidos: superfície-atmosfera, onde o fluxo de água ocorre principalmente na forma de vapor decorrente de fenômenos de evaporação e transpiração, este exclusivo fenômeno biológico; e sentido atmosfera-superfície, no qual a transferência da água ocorre em qualquer estado físico, sendo mais significativa na forma de chuva e neve.

A evaporação é o início do ciclo, a partir do vapor de água presente na atmosfera. Determinadas condições meteorológicas permitem esse vapor se condensar, formando microgotículas de água que ficam suspensas ao longo da atmosfera. O agrupamento dessas microgotículas mais vapor d'água e eventuais partículas de poeira e gelo formam as nuvens, também chamado de nevoeiro caso a formação ocorra na superfície. As dinâmicas climatológicas das massas de ar provocam a precipitação, principal forma de transferência de água dentro do ciclo. A forma mais comum de precipitação é a chuva, fenômeno gerado por complexos processos de aglutinação de microgotículas e vapor de água que produzem gotas de peso e dimensão suficientes para que a força gravitacional possa agir sobrepondo qualquer obstáculo como correntes de ar ascendentes do meio atmosférico. Os fenômenos de neve e granizo ocorrem quando o vapor de água se transforma diretamente em cristais de gelo, sofrendo o mesmo processo da chuva.

Ao chegar à superfície terrestre, ocorrem dois processos com a precipitação. O primeiro é a interceptação, onde parte do volume precipitado, caso ocorra sobre um solo com cobertura vegetal, é contida por folhas e caules, evaporando. Esse processo ocorre tanto com chuva quanto neve. O excedente do volume é então direcionado ao solo, onde ocorre o segundo processo, o de infiltração. Ao tocar o solo, a água é absorvida até que se chegue ao ponto de saturação do terreno, definido pela composição do solo. A partir do momento em que esse ponto é atingido, as taxas de infiltração decrescem produzindo uma taxa residual, com o excesso não infiltrado da precipitação gerando escoamento superficial (SILVEIRA, 2002).

O escoamento superficial é impulsionado pela gravidade, atingindo as cotas mais baixas e esculpindo o relevo devido ao atrito com a superfície do solo. Inicialmente são formadas minúsculas redes de drenagem que convergem para redes de cursos d'água mais

estáveis, como arroios e rios. A vegetação é um fator importante, pois ela contribui para frear o escoamento superficial, favorecendo a infiltração durante o percurso e reduz a energia cinética do impacto das gotas de chuva no solo, minimizando o processo de erosão (SILVEIRA, 2002).

O processo de evaporação fecha o ciclo, mas é necessário constar que este processo ocorre durante todo o tempo e local por onde a água circula na superfície terrestre. Segundo SILVEIRA (2002), a maior parte do volume de água escoada pelas redes de drenagem corre em direção ao oceano, tendo algumas exceções. Os oceanos possuem uma parcela de contribuição maior ao ciclo devido sua cobertura da superfície terrestre, cerca de 70%, onde o processo de circulação das águas é regido por uma complexa combinação de fenômenos físicos e meteorológicos.

O ciclo hidrológico só é possível devido à energia calorífica do Sol, que é aproveitada por causa do efeito estufa natural causado pelo vapor de água e CO², que impede a perda total do calor originado da radiação solar. Dessa forma a atmosfera mantém-se aquecida e possibilita o processo de evaporação e transpiração naturais (SILVEIRA, 2002).

1.2.6 Drenagem urbana

Conceituando de forma simplificada, drenagem urbana é a rede de coleta de água (e resíduos sólidos), originada pela precipitação sobre as superfícies urbanas, e no seu tratamento e retorno aos mananciais (TUCCI, 2006). O objetivo da drenagem urbana é remover as águas pluviais excedentes da forma mais eficiente possível para evitar prejuízos, transtornos e riscos de inundações (PORTO et al. 2002).

A drenagem urbana é uma medida estrutural, que visa solucionar o problema de inundação do meio urbano, porém, a experiência nacional e internacional mostra que a drenagem urbana não é apenas uma obra de engenharia. O conceito foi expandido para um conjunto de medidas cujo objetivo é a minimização dos riscos a que as populações estão sujeitas, diminuição de prejuízos causados por inundações e possibilitar o desenvolvimento urbano de forma harmoniosa, articulada e sustentável (PORTO, 2002).

Segundo Porto (2002), soluções eficazes de drenagem urbana dependem dos seguintes fatores: Políticas públicas para o setor definindo objetivos a serem alcançados e os

meios (legais, institucionais, técnicos e financeiros) para atingi-los; políticas para ocupação do solo urbano devidamente articulada com a política de drenagem urbana, especialmente no que se refere a ocupação de áreas de várzea de inundação; planejamentos de curto, médio e longo prazos para toda a bacia, integrando medidas de drenagem no complexo maior do ambiente urbano; órgão regulador competente para gestão do setor de drenagem urbana, que também promova a participação pública; domínio da tecnologia adequada para planejamento, projeto, construção e operação das obras de infraestrutura de drenagem e organização de políticas de educação e conscientização da sociedade.

O processo de urbanização é um dos principais fatores que interferem diretamente na drenagem urbana, onde os diversos processos que ocorrem em uma área urbana causam efeitos no setor de drenagem. Porto (2002) indica os impactos mais substanciais sobre o solo e suas consequências no comportamento político e administrativo:

Consequências sobre a ocupação do solo: a) proliferação de loteamentos executados sem condições técnicas adequadas; b) ocupação de áreas impróprias (principalmente várzeas de inundação e cabeceiras íngremes); c) proliferação de favelas e invasões e d) ocupação extensa e adensada dificultando a construção de canalizadores e eliminando áreas de armazenamento. (PORTO et al. 2002. p. 808).

Consequências do comportamento político e administrativo: a) o crescimento acelerado acirra a disputa por recursos entre os diversos setores da administração urbana e faz prevalecer a tendência de atuar corretivamente em pontos isolados; b) medidas para disciplinar a ocupação do solo são dificultadas por conflitos de interesses e c) políticas de médio e longo prazos são invariavelmente relegadas a segundo plano. (PORTO et al. 2002. p. 809).

O impacto causado na drenagem urbana pela urbanização é algo que pode ser minimizado por meio de um planejamento de ocupação urbana, porém devido as consequências citadas, existe um grande retardo nas ações para solução das intemperes que surgem como efeito dos impactos da urbanização.

1.2.7 Impactos ambientais em áreas urbanas

Os ecossistemas que abrigam aglomerações de população e atividades humanas retiram a energia e as matérias necessárias a seu desenvolvimento predominantemente do seu exterior, possibilitando o desenvolvimento desses ecossistemas tendo por limite apenas a disponibilidade de recursos não importáveis. Desta característica advém o interesse, nos ecossistemas urbanos, de preservação do ar, da água, do solo e do micro clima cujo esgotamento pode impor limites a seu desenvolvimento.

Impacto ambiental, segundo a resolução do CONAMA Nº 001/1986 é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causado por qualquer forma de matéria ou energia resultante de atividades humanas que, direta ou indiretamente afetam:

- a saúde, a segurança e o bem estar da população;
- as atividades sociais e econômicas;
- a biota;
- as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- as qualidades dos recursos ambientais.

O processo de urbanização acelerado, cujo ritmo foi acentuado durante o século XX, têm promovido grandes alterações do meio físico, causando grandes impactos. Ao mesmo tempo em que a urbanização promove ambientes positivos como moradia, saúde e lazer, geram efeitos que podem desestabilizar o ecossistema onde diversos impactos encontram-se associados à urbanização de forma indireta, imprevisível e não planejada, de forma negativa a curto, médio e longo prazo. (TEIXEIRA *et al.*, 2009)

Os principais impactos ambientais em áreas urbanas são as enchentes, alagamentos, deslizamentos de encostas e poluição do sistema hídrico em que estão localizadas as áreas urbanas. Esses desastres são consequência do processo de urbanização desordenado e de ocupação irregular de áreas de risco.

Existem diversos estudos de caso sobre impactos ambientais em zonas urbanas, Dias et al. (2002) foca o impacto de enchentes sobre áreas de expansão urbana irregular em zonas de risco no município de Volta Redonda, no Rio de Janeiro. Nesse trabalho, o autor sinaliza a falta de planejamento para o manejo das bacias hidrográficas do Rio Paraíba do Sul, onde o município de Volta Redonda está localizado e as soluções paliativas (dragagem dos canais dos rios nas áreas urbanas) do poder público para o problema das enchentes. Dentro desse mesmo trabalho, Dias et al. (2002) propõem a classificação das áreas de risco de enchentes em três classes de risco, baseadas no tipo de morfologia, morfometria, constituição do terreno, embasamento e ocupação humana. Dentro de cada classe o autor faz recomendações para que ocorra uma minimização do impacto ambiental e assim diminuir o risco de enchentes nas áreas afetadas.

Outro estudo interessante sobre impacto ambiental é o de Soares et al. (2006), onde a autora analisa o impacto causado pela ocupação desordenada da área urbana de Viçosa – MG, motivada pela especulação imobiliária e crescimento da população do município. O estudo identificou diversas atividades impactantes, classificadas de acordo com o seu grau de importância. A classificação se deu entorno da periodicidade do impacto e a relação com a cadeia alimentar, recursos hídricos biodiversidade e minorias étnicas (essa última classe sendo exclusivamente para impactos socioeconômicos). Após identificação e descrição das atividades impactantes, a autora propõe medidas mitigadoras (para impactos negativos) ou potencializadoras (para impactos positivos) específicas para cada impacto ambiental identificado considerando as seguintes características: natureza (preventiva ou corretiva); fator ambiental e responsabilidade pela execução.

1.2.8 SIG (Sistema de Informações Geográficas)

Sistemas de Informações Geográficas (SIG) é o termo usado por sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos, recuperando informações não apenas com base em suas características alfanuméricas, mas também por meio de sua localização espacial (CÂMARA et al. 2001). Destinados a trabalhar com dados referenciados e coordenadas espaciais, os SIGs são constituídos normalmente por programas e procedimentos de análise cuja característica principal é relacionar uma informação de interesse com sua localização espacial (PIROLI, 2010).

Câmara (et al, 2001) indica uma dualidade para SIGs, onde para cada objeto geográfico, o SIG necessita armazenar seus atributos e as várias representações gráficas associadas. A manipulação de dados geograficamente referenciados e seus respectivos atributos integrados a outros dados permitem uma ampla gama de aplicações, que incluem temas como agricultura, floresta, cartografia, cadastro urbano e redes de concessionárias (água, energia, telefonia) (CÂMARA et al, 2001).

Segundo Câmara (et al, 2001), existem três macro áreas de utilização de um SIG, que são: ferramenta de produção de mapas; suporte para análise espacial de fenômenos; e como um banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação de informação espacial. Câmara (et al, 2001) indica as principais características de SIGs:

- Inserir e integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados censitários e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno;
- Oferecer mecanismos para combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise, bem como para consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados georreferenciados. (CÂMARA et al, 2001. p. 3)

1.2.9 Metodologia Pressão – Estado – Impacto – Resposta (P.E.I.R)

A Metodologia Pressão – Estado – Impacto – Resposta (P.E.I.R.) de análise ambiental é fruto do trabalho da OCDE (Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico) para criação de indicadores de uso nacional e internacional para reportar a situação ambiental atual e o progresso em direção a cidade sustentável (ARIZA; ARAUJO NETO, 2010).

Dentre as várias metodologias de avaliação de impactos ambientais, a P.E.I.R. possibilita um mecanismo geral de análise de problemas ambientais, valorizando a ideia de um ambiente constituído como um sistema de múltiplas interações. Segundo ARIZA e ARAUJO NETO (2010), a contemplação de diferentes dimensões ambientais cria condições para emprego da Geografia, valorizando o trabalho do geógrafo.

Os elementos da P.E.I.R. são:

***Forças Motrizes**, como a indústria e transportes, produzem

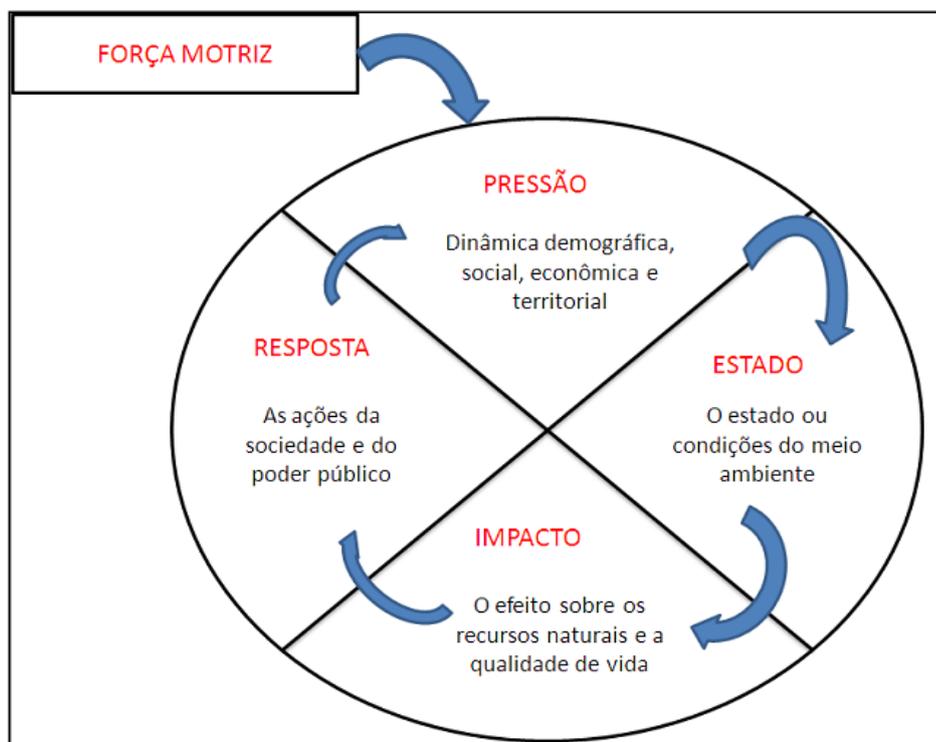
***Pressões** sobre o ambiente, como emissões poluidoras, que degradam a

***Situação** do ambiente, o que tem

***Impacto** na saúde humana e ecossistemas, levando a sociedade a

***Resposta** com diferentes medidas políticas, como regulamentos, informação e impostos. (ARIZA; ARAUJO NETO, 2010. p. 133)

Ariza e Araujo Neto (2010) consideram a metodologia vantajosa devido à facilidade de ajuste a diferentes realidades, podendo ser um importante instrumento de gestão pública, especialmente por mostrar a ligação dos diversos elementos constituintes do sistema ambiental. Essa metodologia também foi trabalhada por FERREIRA; LIRA e CÂNDIDO (2010) e por BOTTO (et al, 2005) em estudos de caso onde a mesma metodologia é aplicada a diferentes situações, mas com o mesmo viés de estudo e análise ambiental que este trabalho.



Fonte: SEPE, Patrícia Marra, 2008.

Figura 1: Modelo P.E.I.R.

Os elementos desta metodologia respondem às seguintes perguntas, independente da escala de análise (UNEP & Consorcio Parceria 21 apud ARIZA; ARAUJO NETO, 2010):

O que está acontecendo com o meio ambiente? (Estado)

Por que isto está acontecendo? (Força Motriz e Pressão)

Qual é o impacto? (Impacto)

O que estamos fazendo? (Resposta)

O que acontecerá se não agirmos agora? (Perspectivas Futuras)

O que podemos fazer para reverter a situação atual? (ARIZA; ARAUJO NETO, 2010. p. 133).

Conhecer os fatores de cada elemento é imprescindível para tomada de decisão. Por meio dessas informações é possível a avaliação e adaptação das respostas para os problemas encontrados, assim como a possibilidade de sugestão de melhoria para a qualidade do meio (ARIZA; ARAUJO NETO, 2010).

A **Força Motriz** também conhecida como força indireta, é relacionada aos impactos indiretos causados pelas atividades humanas exercidas no meio ambiente. Por exemplo: demanda ecológica, demografia, inovações tecnológicas e científicas, mercado, comércio e padrões de distribuição (PNUMA & CONSÓRCIO PARCERIA 21 apud ARIZA; ARAUJO NETO, 2010).

A **Pressão** é a força econômica e social subjacente, como o crescimento populacional, consumo e pobreza. Na visão política, é o ponto de partida para o enfrentamento dos problemas ambientais (PNUMA & CONSÓRCIO PARCERIA 21 apud ARIZA; ARAUJO NETO, 2010).

O termo **Estado** é referente às condições do meio como resultado da pressão. “A análise do estado deve levar em consideração o modelo de desenvolvimento da sociedade em questão.” (ARIZA; ARAUJO NETO, 2010). É importante considerar o ecossistema onde a região de estudo está inserida e os indicadores de estado, que ajudam na descrição e análise do ambiente. Para avaliar o estado, devem ser incluídos aspectos qualitativos e quantitativos

dos recursos, mostrando a interação do prisma da perspectiva ambiental e a qualidade de vida da população dependente desses recursos. (PNUMA & CONSÓRCIO PARCERIA 21 apud ARIZA; ARAUJO NETO, 2010).

O **Impacto** refere-se aos efeitos que surgem sobre o estado do ambiente natural, antrópico, economia urbana local, produtividade e qualidade de vida. “O objetivo da utilização de indicadores de impacto é calcular os aspectos econômicos e sociais, que poderiam ajudar os responsáveis políticos a calcular os danos ambientais que as influências externas causam.” (PNUMA apud ARIZA; ARAUJO NETO, 2010).

A **Resposta** engloba ações coletivas ou individuais com objetivo de atenuar ou evitar impactos negativos, correção de danos causados, conservação de recursos naturais ou contribuição para o bem estar social da população local. As diferentes ferramentas de intervenção do meio urbano são avaliadas por meio dos indicadores de resposta. (UNEP & CONSÓRCIO PARCERIA 21 apud ARIZA; ARAUJO NETO, 2010).

Uma aplicação prática da metodologia P.E.I.R. está nos informes GEO Cidades, produzidos pelo PNUMA (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente). O GEO (*Global Environmental Outlook*) é um projeto global de avaliação ambiental desenvolvido pelo PNUMA desde 1995. Esse projeto aborda diversos temas geográficos ligados ao tema ambiental, sendo uma contribuição para avaliações ambientais do meio urbano. (ARIZA; ARAUJO NETO, 2010).

Segundo Ariza e Araujo Neto (2010, p.137): “A Geografia é a ciência que estuda a distribuição espacial dos fenômenos, mas não é só isso, estuda a sociedade e as consequências de suas ações no ambiente.” Essa frase demonstra a convergência existente entre a ciência geográfica e a metodologia P.E.I.R., pois esta trabalha com o espaço geográfico, procurando compreender relações e consequências das ações antrópicas no meio e assim, possibilitar indicações para da qualidade do ambiente.

1.2.10 Capacidade de carga

Será aplicada neste trabalho uma adaptação da metodologia de capacidade de carga turística de Arias (1999) para manejo de áreas protegidas, que busca o número máximo de

visitas que uma área protegida pode receber baseado em características físicas, biológicas e de manejo da área em estudo.

A metodologia indica três cálculos de capacidade de carga:

- Cálculo de Capacidade de Carga Física (CCF)
- Cálculo de Capacidade de Carga Real (CCR)
- Cálculo de Capacidade de Carga Efetiva (CCE)

Para este trabalho, os três cálculos de capacidade foram adaptados para o uso em bacias hidrográficas, visando calcular a capacidade de carga máxima da bacia do córrego Águas Claras e sua capacidade atual, podendo assim constatar a situação da bacia, podendo ela estar saturada ou não.

A capacidade de carga física representa o total, em km², de área passível de impermeabilização pela ação antrópica. Considerando o tamanho da área de estudo, a capacidade de carga física é considerada como a área total da bacia.

O cálculo da capacidade de carga real representa a quantidade de carga cuja bacia em estudo está recebendo. Para este cálculo são usados dois parâmetros: vazão do córrego da bacia em m³ (Vcor) e dados de carga de um determinado detrito. Para fins de exemplo, foi usado o modelo de exportação de carga (STEINKE, 2004) para cargas poluidoras segundo o tipo de cobertura do solo. Este parâmetro leva em conta como carga poluidora o Nitrogênio e sólidos em suspensão, sendo valores já calculados em termos de médias anuais e estimados em Kg/dia conforme a tabela 1.

Tabela 1: Valores de referência para exportação de cargas segundo o tipo de cobertura do solo. Adaptado de Steinke (2004).

| Fonte | Unidade | Nitrogênio Total | Sólidos em suspensão |
|---------------------------------|--------------------------|------------------|----------------------|
| Atividade Agrícola | Kg/Km ² x dia | 2,950 | 230 |
| Áreas Urbanas – padrão superior | Kg/Km ² x dia | 1,274 | 50 |

| | | | |
|-------|--------------------------|-------|----|
| Mata | Kg/Km ² x dia | 0,600 | 20 |
| Campo | Kg/Km ² x dia | 0,500 | 30 |

O cálculo de carga real se dá pela seguinte forma:

- Capacidade de carga física x Vazão do córrego x Carga poluidora (para cada tipo de cobertura);
- As cargas poluidoras podem variar. O Nitrogênio e sólidos em suspensão são exemplos para ilustrar o método;
- Os valores de carga e de vazão variam de acordo com as condições climáticas;
- Os valores da tabela acima levam em conta a vazão máxima do córrego, ou seja, na época de chuvas. Para o regime de secas, uma regra de três simples foi aplicada envolvendo dados de vazão máxima e mínima juntamente com a quantidade de carga poluidora.

O Cálculo de Capacidade Efetiva (CCE) é uma porcentagem resultante da comparação dos resultados de capacidade real da bacia, tomando como referência a capacidade de carga de uma bacia com 100% de cobertura natural. O resultado da capacidade efetiva indica em qual situação uma bacia se encontra do ponto de vista da quantidade de carga que é escoada levando em conta a vazão do curso de água conforme as condições pluviométricas (chuva ou seca).

2. Procedimentos Metodológicos

2.1 Área de Estudo

O objeto de estudo é a bacia do córrego Águas Claras que é tributário de primeira ordem do Lago Paranoá, comportando grande parte da Região Administrativa de Águas Claras (RA XX). Inicialmente um bairro de Taguatinga, teve sua construção iniciada na década de 1990 e alçada ao patamar de Região Administrativa por meio da Lei Distrital de Nº 3.153 de 06 de Maio de 2003. Localizada entre Taguatinga, Vicente Pires, Park Way e Riacho Fundo, compreendendo uma área de aproximadamente 31,5 km². A Região Administrativa de Águas Claras engloba o Setor Habitacional Arniqueira, Areal, Área de Desenvolvimento Econômico (ADE) e sua área central (vertical). Segundo pesquisa feita por amostragem realizada pela Codeplan (outubro de 2010), Águas Claras abriga cerca de 136 mil habitantes, sendo aproximadamente 60 mil concentrados em sua área central (Administração Regional de Águas Claras).

Situada na Região hidrográfica do Rio Paraná, mais especificamente na bacia hidrográfica do Lago Paranoá, a microbacia do Córrego Águas Claras que é tributário do Córrego Vicente Pires e por sua vez tributário do Lago Paranoá. Recebe carga de uma área de aproximadamente 5,1km². Essa área está baseada nas curvas de nível da base de dados da Terracap de 2010 que, com ajuda de ferramentas de geoprocessamento foi gerado um polígono para identificação da bacia do córrego em estudo.

O clima da região, segundo a classificação Köppen descrita por Steinke (2003) é encaixado como Tropical de altitude (Cwa): temperatura do mês mais frio superior a 18°C, com média superior a 22°C no mês mais quente. Este tipo de clima abrange aproximadamente, áreas com cotas altimétricas entre 1.000 a 1.200 m. A microbacia do Córrego Águas Claras se encontra circunscrita entre as cotas de 1.080 e 1.205 m. O índice pluviométrico anual fica entorno de 1.450 a 1.550 mm, segundo dados da ADASA (Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal).

Geologicamente, a microbacia está localizada na parte central do Distrito Federal sobre o Grupo Paranoá, de idade Meso/Neoproterozóico que, segundo Steinke (2003 apud Barros, 1994) apresenta feição semidômica, condicionante do padrão de drenagem anelar da bacia do Paranoá. A estrutura central é constituída por ardósias seguidas por sequências de quartizitos e metassiltitos mostrando um relevo invertido com altitude média de 1.000 m.

O tipo de solo predominante da área da microbacia é o Latossolo Vermelho, que ocupa 54% do território do Distrito Federal (REATTO, 2004). Esse tipo de solo se desenvolve em superfícies de relevo plano ou suavemente ondulados, com declividade abaixo de 10% (HARIDASAN, 1993 apud STEINKE, 2003). É um solo mineral, não hidromórfico, profundo (normalmente superior a 2 m) e bem drenado. Apresenta baixo teor de silte e argila, alta permeabilidade de água e é fortemente ácido (REATTO, 2004).

Segundo Steinke (2003), a compartimentação geomorfológica da região de estudo é denominada de Padrão em Colinas (CI). Este padrão está relacionado com declividades suaves e baixas amplitudes altimétricas e já fora identificado pela CODEPLAN (1984) para caracterizar a geomorfologia de trechos das bacias dos rios São Bartolomeu, Preto e Descoberto. A característica principal desse padrão está relacionada com a dissecação do relevo. “Todas as unidades desse padrão apresentam dissecação intermediária” (STEINKE, 2003). As figuras 2 e 3 mostram, respectivamente, a localização da área de estudo e a bacia do córrego Águas Claras:

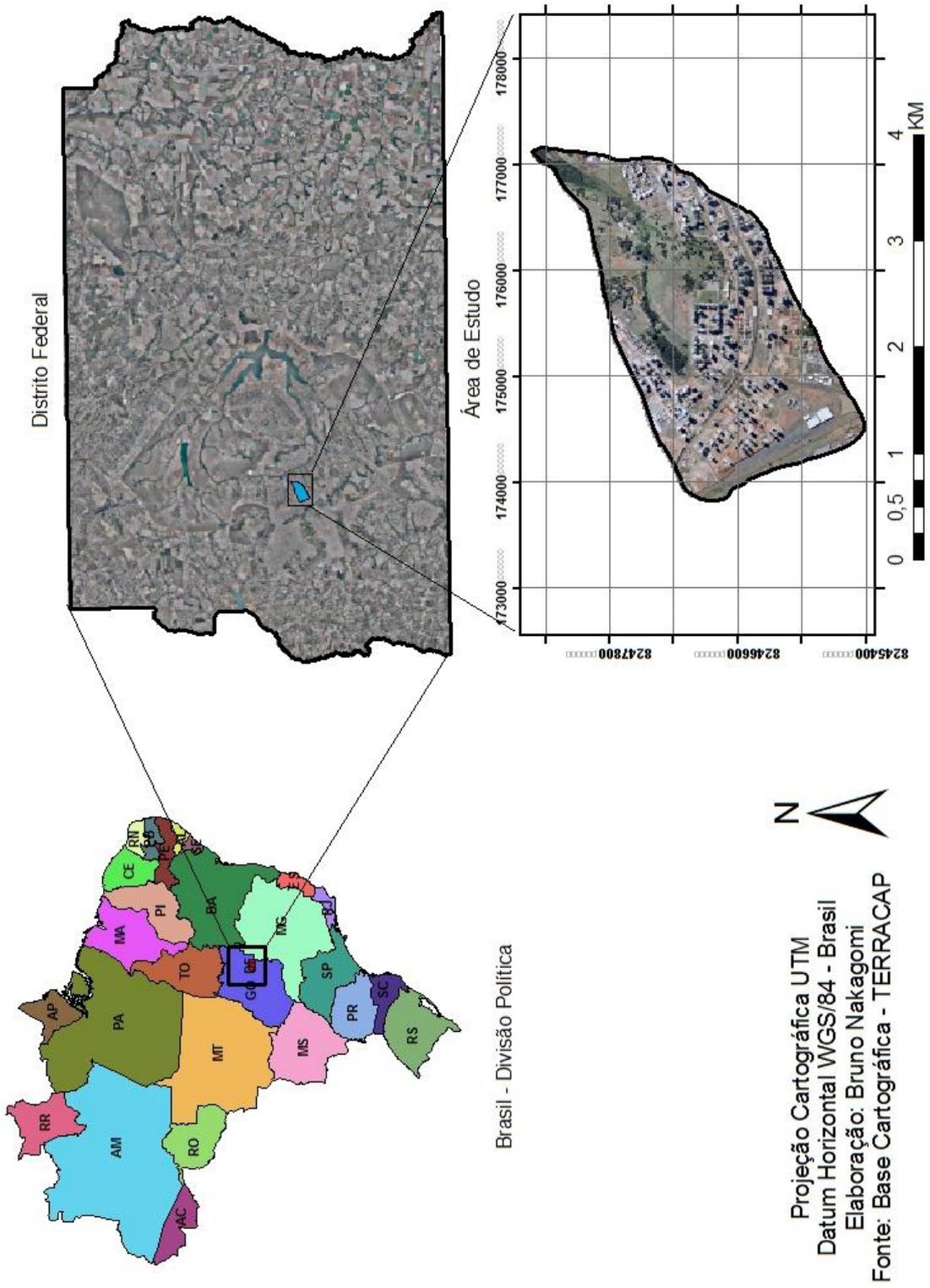


Figura 2: Localização da área de estudo.

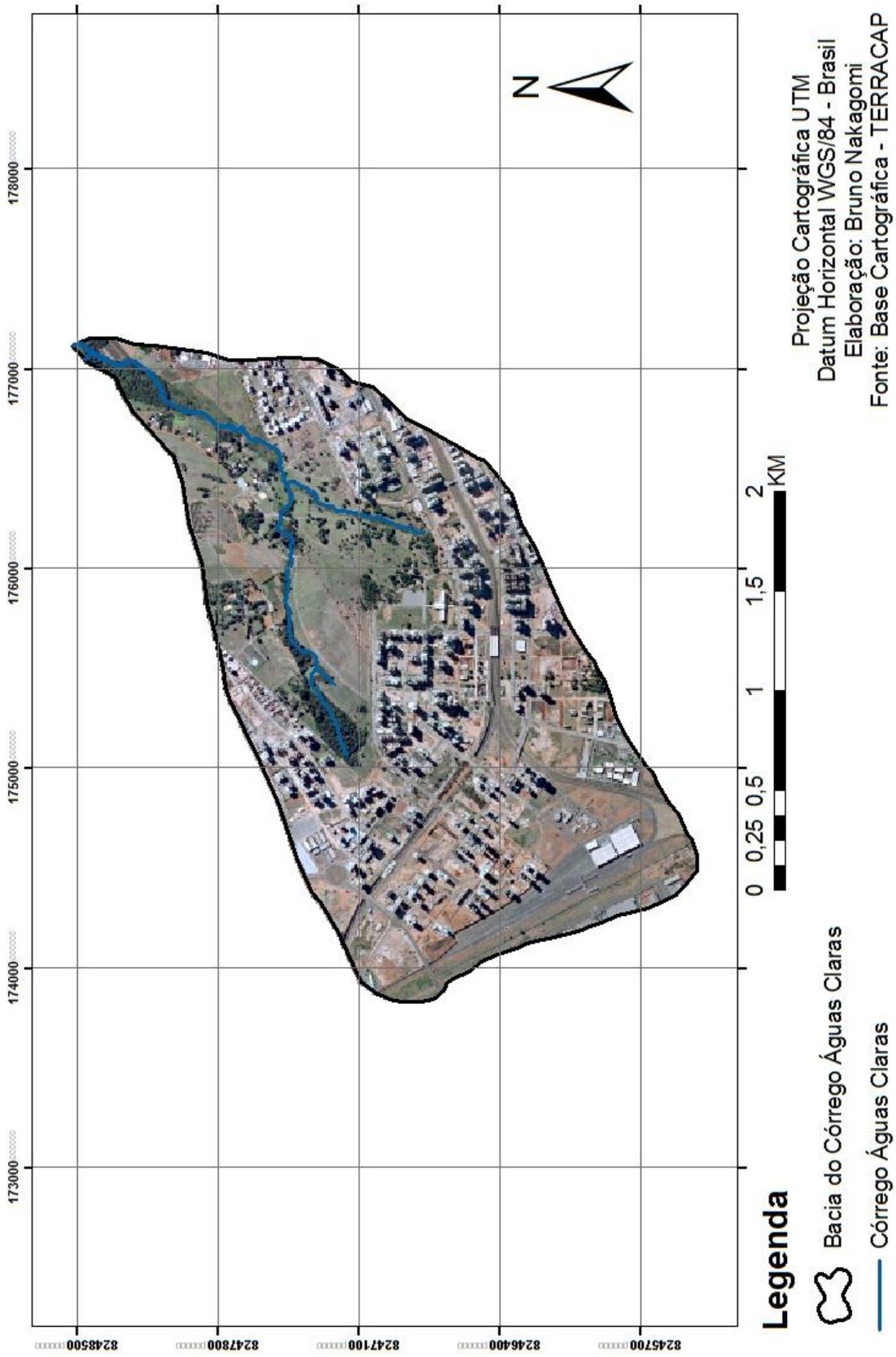


Figura 3: Bacia do córrego Águas Claras.

2.2 Materiais

O material bibliográfico adquirido para esta pesquisa foi a primeira fonte de informações para início do trabalho. O acervo literário usado é constituído de capítulos de livros publicados; artigos completos de revistas nacionais e internacionais; resumos e trabalhos completos publicados em anais de congressos e simpósios de tema relevante à pesquisa e material disponível em sítios da *internet*.

Este trabalho foi concebido baseado na base cartográfica disponibilizada pela TERRACAP, datada de 2010, na escala 1:10.000 cedida pelo Prof. Valdir Steinke, possibilitando um nível maior de detalhamento e uma estimativa extraoficial de vazão da CAESB. Foram usados os seguintes produtos temáticos e cartográficos na base:

- *Shape* de curvas de nível altimétricas em formato vetorial, na escala de 1:10.000, do Sistema Cartográfico do Distrito Federal – SICAD, referenciada no Sistema SIRGAS-2000,4. (TERRACAP, 2010);
- *Shape* de áreas edificadas em formato poligonal, na escala 1:10.000, do Sistema Cartográfico do Distrito Federal – SICAD, referenciada no Sistema SIRGAS-2000,4. (TERRACAP, 2010);
- *Shape* de quadras de esporte em formato poligonal, na escala 1:10.000, do Sistema Cartográfico do Distrito Federal – SICAD, referenciada no Sistema SIRGAS-2000,4. (TERRACAP, 2010);
- *Shape* da linha de metrô em formato vetorial, na escala de 1:10.000, do Sistema Cartográfico do Distrito Federal – SICAD, referenciada no Sistema SIRGAS-2000,4. (TERRACAP, 2010);
- *Shape* de vias urbanas em formato poligonal, na escala 1:10.000, do Sistema Cartográfico do Distrito Federal – SICAD, referenciada no Sistema SIRGAS-2000,4. (TERRACAP, 2010);
- Ortofotocarta Nº 135 com dado *raster* de resolução de 1 m em formato *geotiff* do SICAD, referenciada no Sistema SIRGAS-2000,4. (TERRACAP, 2010);

- Ortofotocarta Nº 151 com dado *raster* de resolução de 1 m em formato *geotiff* do SICAD, referenciada no Sistema SIRGAS-2000,4. (TERRACAP, 2010);
- Mapa de solos do Distrito Federal pertencente à ADASA em formato digital, na escala 1:400.000 com Datum Planimétrico SAD 69. (ADASA, 2012);
- Mapa de isoietas do Distrito Federal pertencente à ADASA em formato digital, na escala 1:400.000 com Datum Planimétrico SAD 69. (ADASA, 2012);
- Mapa geomorfológico do Distrito Federal pertencente à ADASA em formato digital, na escala 1:300.000 com Datum Planimétrico SAD 69. (ADASA, 2012);
- Mapa hidrográfico do Distrito Federal pertencente à ADASA em formato digital, na escala 1:450.000 com Datum Planimétrico SAD 69. (ADASA, 2012).

Todos os produtos foram tratados pelo autor por meio do *software* de geoprocessamento Arc/Info 9.3 para edição, manipulação e análise dos dados e ArcMap para análise e produção cartográfica. A escolha da base de dados da TERRACAP se deve pela qualidade dos produtos e a escala 1:10.000 em que foram produzidos, permitindo um nível de detalhamento satisfatório em função do foco do trabalho ser bacias de pequeno porte.

Grande parte do trabalho de pesquisa foi elaborado dentro do Laboratório de Geoiconografia e Multimídias – LAGIM – UnB, dirigido pelo Professor Valdir Steinke que disponibilizou uma máquina com as ferramentas de SIG necessárias para a realização desta pesquisa.

2.3 Abordagem Metodológica

A partir dos dados obtidos por meio da análise do material de pesquisa e das ferramentas de SIG, foram feitos os cálculos de capacidade de carga (física, real e efetiva) para assim nortear a análise e interpretação das informações produzidas. Em seguida, foi feita a identificação dos elementos que constituem as categorias da metodologia P.E.I.R e desse resultado foram feitas as conclusões desta pesquisa.

2.4 Coleta e tratamento dos dados

Inicialmente, foram escolhidas as duas ortofotocartas da base de dados em função de ambas cobrirem a área da Região Administrativa de Águas Claras. Usando o *software* ArcMap, foi desenhado um polígono limitando a bacia do córrego baseada no *shape* de curvas altimétricas da base. Por meio da ferramenta *clip*, foi feito um recorte das duas ortofotocartas de acordo com o perímetro vetorizado, formando a área de estudo desta pesquisa.

A área de estudo foi adicionada os *shapes* de áreas edificadas, quadras de esporte e vias urbanas com o objetivo de obter os dados de área impermeabilizada da bacia. Foi preciso editar os *shapes* de áreas edificadas e quadras de esporte devido à falta de algumas regiões estarem devidamente catalogadas. Após a edição dos *shapes* existentes na base, foi produzido um *buffer* com a ferramenta *Buffer Wizard* do ArcMap, com uma delimitação de 15 metros ao longo da linha de metrô, usando o *shape* de linha metroviária da base, tendo como recorte a área de estudo. Esse *buffer* foi considerado como área impermeabilizada para o estudo devido às modificações feitas no ambiente ao longo da linha. A tabela 2 organiza o pensamento e a figura 4

Tabela 2: Categorias de áreas impermeabilizadas e não impermeabilizadas

| Área impermeabilizada | Área não impermeabilizada |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> -Áreas edificadas; - Quadras de esporte; -Vias urbanas. | <p>Toda área restante circunscrita pela área de estudo fora das categorias de área impermeabilizada.</p> |

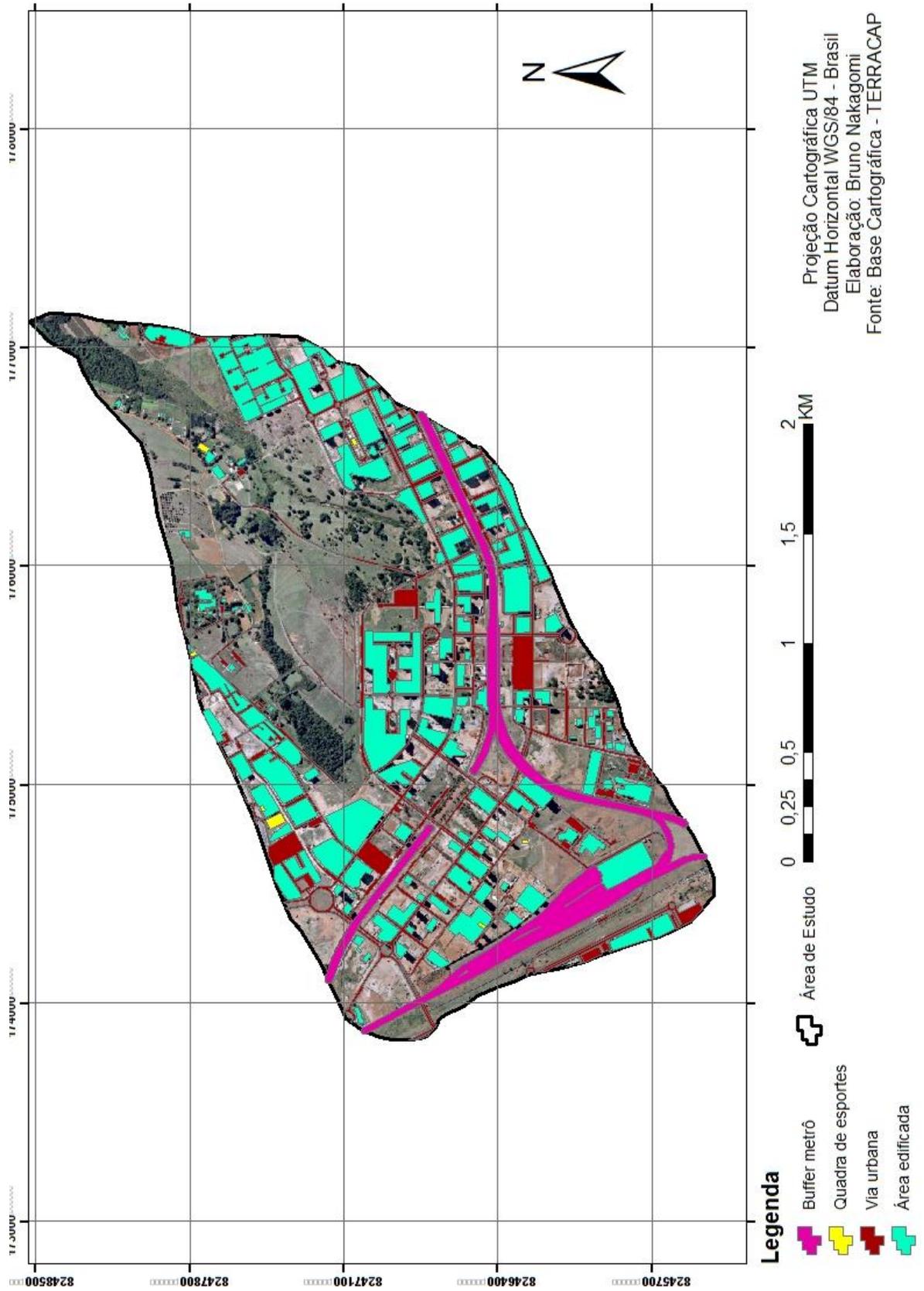


Figura 4: Áreas impermeabilizadas

Após a etapa de definição das áreas impermeabilizadas, o passo seguinte foi a definição do valor das áreas escolhidas para obtenção do cálculo de capacidade de carga real. Por meio do *software* ArcMap, foram obtidos os valores de áreas dos *shapes* usados na pesquisa. Os valores estão referenciados no Datum SAD 69 e foram baseadas na área da bacia do córrego Águas Claras. A tabela 3 mostra o resultado:

Tabela 3: Área de acordo com o tipo de cobertura

| Tipo | Área (Km ²) |
|---------------|-------------------------|
| Área Urbana | 1,765511 |
| Área Agrícola | 0,318865 |
| Mata | 0,279404 |
| Campo | 2,812256 |

O passo seguinte foi o de executar os cálculos para obtenção da carga real para cada área conforme seu tipo de cobertura de acordo com a fórmula adaptada:

$$CCR = CCF \times Vcor \times Cpol$$

Tabela 4: Capacidade de carga real de acordo com o tipo de cobertura (Nitrogênio).

| Tipo de cobertura | Capacidade de Carga Real (Seca) | Capacidade de Carga Real (Chuva) |
|-------------------|---|---|
| | Nitrogênio (Kg/Km ² /Dia) | Nitrogênio (Kg/Km ² /Dia) |
| Área Urbana | 0,000562 | 0,002249 |
| Área Agrícola | 0,000235 | 0,000940 |
| Mata | 0,000041 | 0,000167 |
| Campo | 0,000351 | 0,001406 |

Tabela 5: Capacidade de carga real de acordo com o tipo de cobertura (sólidos em suspensão).

| Tipo de cobertura | Capacidade de Carga Real (Seca) Sólidos em suspensão (Kg/Km²/Dia) | Capacidade de Carga Real (Chuva) Sólidos em suspensão (Kg/Km²/Dia) |
|--------------------------|---|--|
| Área Urbana | 0,022068 | 0,088275 |
| Área Agrícola | 0,018334 | 0,073338 |
| Mata | 0,001397 | 0,005588 |
| Campo | 0,021091 | 0,084367 |

O Cálculo de Capacidade Efetiva (CCE) resultou da comparação das somas das capacidades de carga reais das áreas de microbacia de Águas Claras com a capacidade de carga real da mesma bacia, tomando como 100% da área sendo coberta apenas de mata e com 100% de cobertura por área urbana.

3. Resultados e Discussões

3.1 Capacidades de carga real da bacia do córrego Águas Claras

Após os cálculos das capacidades reais e a soma dos resultados, a tabela a seguir mostra a capacidade de carga real da bacia segundo o regime climático:

Tabela 6: Capacidade de carga real da bacia do córrego Águas Claras segundo o regime climático.

| Capacidade de carga real de acordo com o regime climático | Nitrogênio (Kg/Km ² /Dia) | Sólidos em suspensão (Kg/Km ² /Dia) |
|---|--------------------------------------|--|
| Época de seca | 0,001189 | 0,06289 |
| Época de chuva | 0,004762 | 0,251568 |

3.2 Divisões das áreas da bacia e declividade

A partir das divisões feitas na bacia do córrego, foi produzida uma figura (figura 6) que ilustra essa parte do trabalho e um gráfico (figura 4) com a porcentagem de ocupação de cada área e um mapa de declividade a partir das curvas de nível da bacia (figura 7):

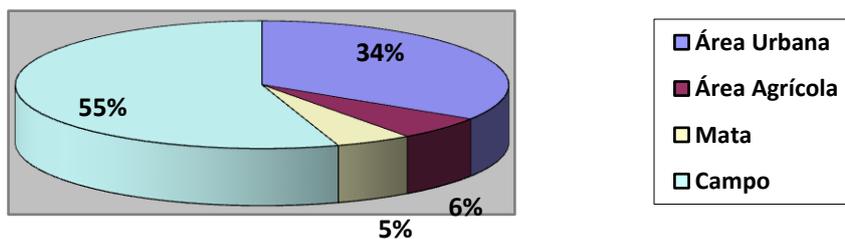


Figura 5: Gráfico da divisão percentual das áreas da bacia

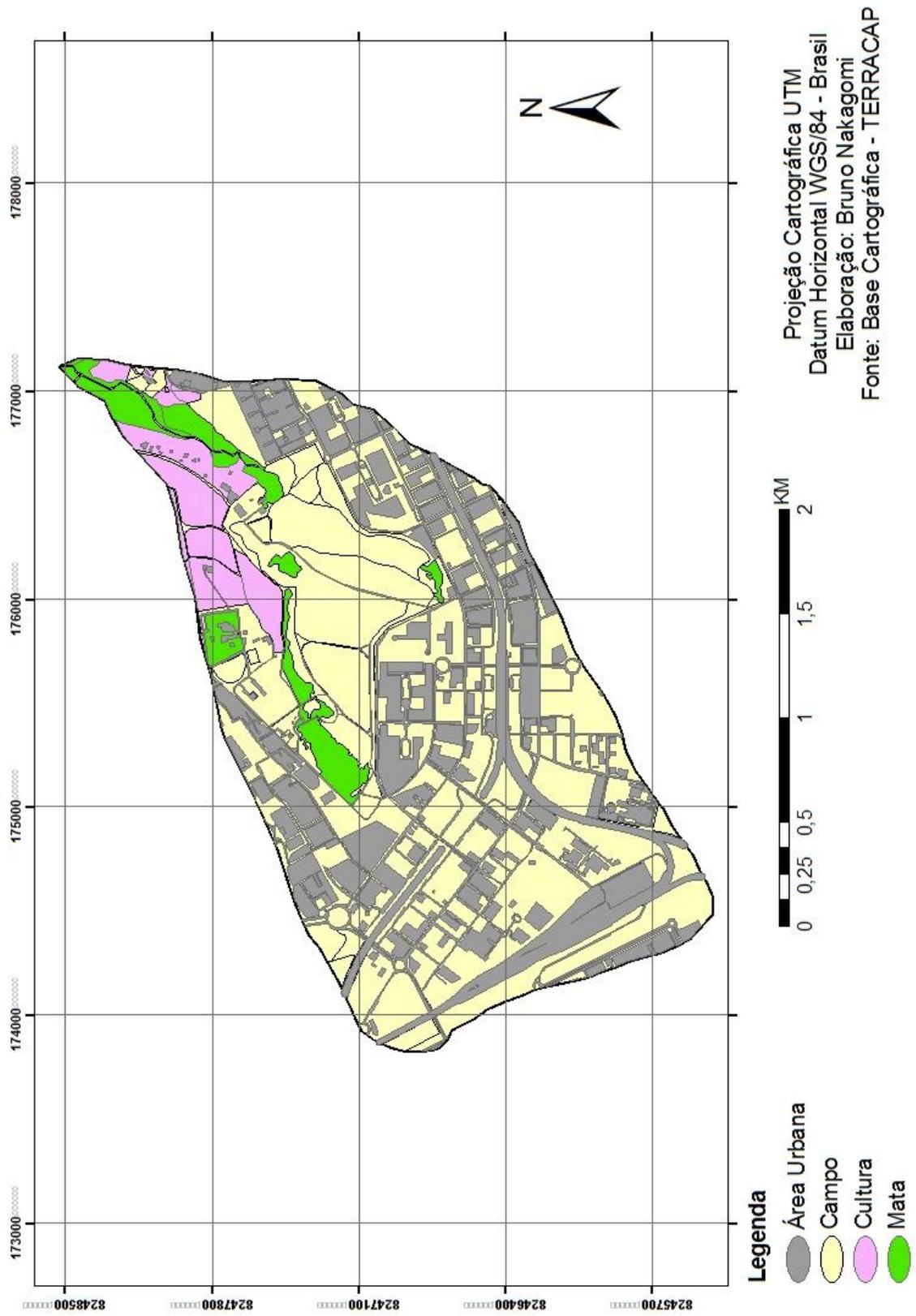


Figura 6: Divisões da bacia do córrego Águas Claras

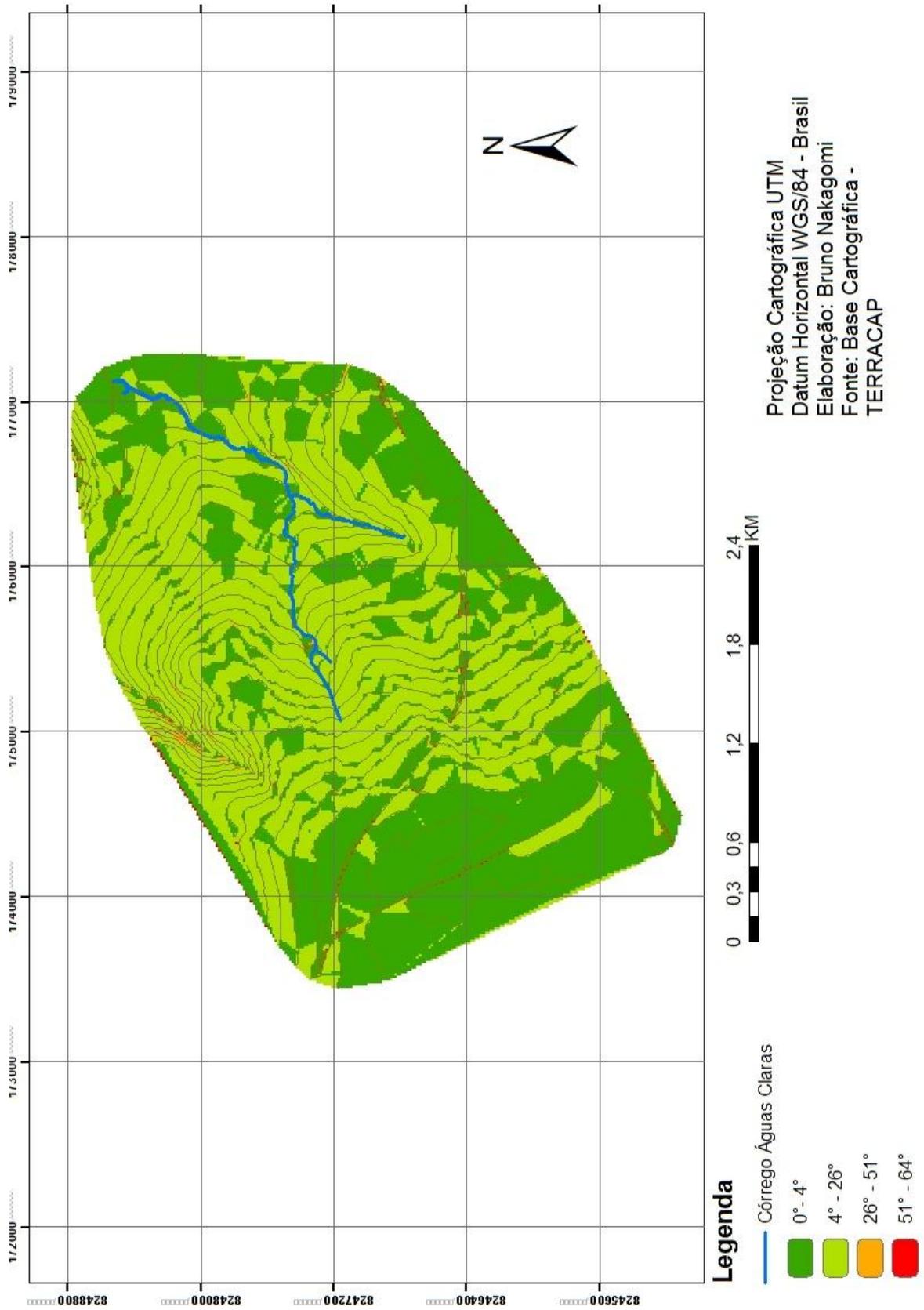


Figura 7: Mapa de declividade da área de estudo.

O mapa de declividade mostra que a bacia em estudo pode ser considerada plana, permitindo o escoamento superficial de forma difusa. Existem alguns pontos de declividade muito acentuada, porém essas áreas são resultado de inconformidades existentes no material da base cartográfica.

3.3 Capacidades de carga efetiva

Para se chegar a Capacidade de Carga Efetiva (CCE), foi preciso calcular a área, em Km², de cada divisão feita na bacia em estudo e cada capacidade de carga real, em Kg/Km²/Dia, das diferentes coberturas do solo e somá-las a fim de encontrar a capacidade de carga real da bacia como um todo. A CCE é um índice de comparação que se baseia na CCR da bacia tendo a mesma 100% de cobertura de solo como o tipo mais natural possível e tendo 100% de cobertura de solo como área urbana. A tabela 7 mostra as CCR dos tipos de cobertura do solo usados para comparação:

Tabela 7: Capacidade de carga real para tipos de solo usados na obtenção da capacidade de carga efetiva.

| Tipo de cobertura | Área da bacia (Km ²) | CCR Nitrogênio - Seca | CCR Nitrogênio - Chuva | CCR Sólidos em suspensão - Seca | CCR Sólidos em suspensão - Chuva |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------|------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| Mata | 5,1 | 0,000765 | 0,00306 | 0,0255 | 0,102 |
| Área Urbana | 5,1 | 0,001624 | 0,006497 | 0,06375 | 0,255 |

A capacidade de carga efetiva se dá ao comparar a capacidade de carga real da bacia com as capacidades de carga reais dos dois tipos de cobertura do solo usados como parâmetro da tabela anterior. A característica que diferencia os parâmetros é a intervenção humana no meio ambiente. Por esse motivo foi escolhida a mata (área preservada sem ação antrópica) e área urbana (área totalmente modificada pela ação antrópica) como parâmetros de comparação.

O índice da capacidade de carga efetiva é medido em porcentagem, sendo a Capacidade de carga real da condição natural (mata) considerada como índice 100% efetivo e todo valor acima de 100% como não efetivo. A condição antrópica (área urbana) é o limite máximo de capacidade de carga que uma bacia recebe, logo sendo a pior condição possível.

A capacidade de carga efetiva nada mais é do que uma indicação, em porcentagem, de quão próximo de cada condição uma bacia se encontra levando em conta sua capacidade de carga real e os padrões escolhidos. A figura 8 ilustra o pensamento:

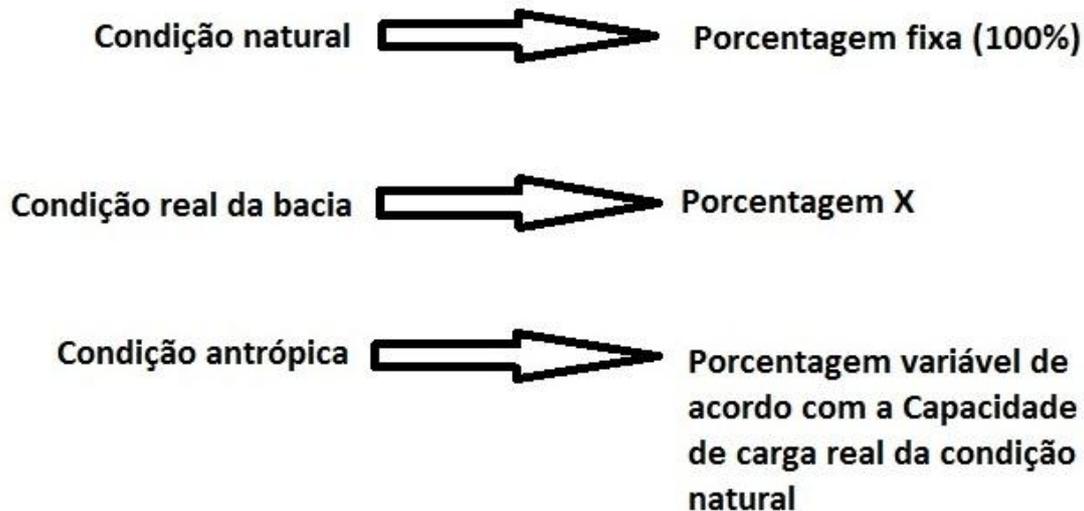


Figura 8: Esquema da Capacidade de Carga Efetiva.

- A porcentagem é adquirida por meio de uma regra de três simples envolvendo as capacidades de carga reais das condições descritas;

- Partindo da condição natural, a porcentagem resultante da capacidade de carga efetiva significa a quantidade excedente de carga que a bacia, em sua condição real, está recebendo;

- Quanto mais próxima à porcentagem da condição antrópica, maior é a carga jogada no curso de água;

- A condição ideal para preservação da bacia é fazer com que a capacidade de carga real da mesma seja a mais próxima possível da condição natural.

As tabelas 8 e 9 mostram o resultado deste método para a bacia em estudo:

Tabela 8: Capacidades de carga reais para os parâmetros de comparação e situação real da bacia do córrego Águas Claras.

| Condição | CCR Nitrogênio – Seca | CCR Nitrogênio – Chuva | CCR Sólidos em suspensão – Seca | CCR Sólidos em suspensão – Chuva |
|-----------------|------------------------------|-------------------------------|--|---|
| Natural | 0,000765 | 0,00306 | 0,0255 | 0,102 |
| Antrópica | 0,001624 | 0,006497 | 0,06375 | 0,255 |
| Real | 0,001189 | 0,004762 | 0,06289 | 0,251568 |

A capacidade de carga efetiva resultou em 4 porcentagens em função da divisão entre época de seca e chuvosa. Devido a falta de um valor médio anual de vazão, o volume de dados ficou grande, gerando muitas tabelas.

Tabela 9: Capacidade de carga efetiva da bacia do córrego Águas Claras

| CCE Nitrogênio – Seca | CCE Nitrogênio – Chuva | CCE Sólidos em suspensão – Seca | CCE Sólidos em suspensão - Chuva |
|------------------------------|-------------------------------|--|---|
| 55% | 55% | 146% | 146% |

A partir do mesmo procedimento, podemos também aferir a capacidade de carga efetiva usando o parâmetro de condição antrópica, mostrando a proximidade de uma situação limite em que a bacia se encontra. Neste procedimento a lógica é a mesma, apenas os valores mudam:

Tabela 10: Capacidade de carga efetiva do córrego Águas Claras usando o parâmetro de condição antrópica.

| CCE Nitrogênio - Seca | CCE Nitrogênio - Chuva | CCE Sólidos em suspensão - Seca | CCE Sólidos em suspensão - Chuva |
|------------------------------|-------------------------------|--|---|
| 73% | 73% | 98% | 98% |

A partir dos dados obtidos, é possível observar que a capacidade de carga efetiva da bacia do córrego Águas Claras está muito distante da condição natural, e muito perto da condição antrópica nos dois tipos de cargas poluidoras usadas. É preciso lembrar que a vazão usada no trabalho não é a ideal para uma análise baseada ao longo do ano, devido a

impossibilidade de obtenção de uma medida mais precisa ocasionada pela falta de equipamento adequado para a tarefa.

3.4 Identificação dos elementos da metodologia P.E.I.R

A metodologia P.E.I.R produzida pela OCDE e analisada por Ariza e Araujo Neto (2010) identifica 5 elementos básicos usados para produção da análise ambiental da proposta metodológica. Lembrando que a matriz P.E.I.R pode sugerir uma interação linear entre atividades e ambiente, mas deve-se considerar essa relação como complexa e de múltiplas respostas. A seguir são identificação os elementos para a bacia em estudo, tomando como indicador ambiental a capacidade de carga do córrego Águas Claras.

Tabela 11: Elementos da matriz P.E.I.R para a bacia em estudo.

| Força Motriz | Pressão | Estado | Impacto | Resposta |
|---------------------|---|--|---|---|
| Demanda Imobiliária | Desmatamento; Impermeabilização da bacia. | Saturação acima do limite para a carga de Nitrogênio; Saturação limítrofe para sólidos em suspensão. | Comprometimento da qualidade da água do córrego; Assoreamento do córrego. | Recuperação das áreas de mata nativa; Diminuição do processo de impermeabilização da bacia. |

A demanda imobiliária foi escolhida como força motriz porque a Região Administrativa de Águas Claras vive uma situação onde a população do Distrito Federal está em crescimento e o poder aquisitivo é maior, refletindo em uma demanda de moradia alta ocasionando uma necessidade maior de espaço. A ocupação desordenada da bacia do córrego Águas Claras causa uma grande pressão sobre o meio ambiente e gera um desequilíbrio na bacia. As respostas colocadas se baseiam nos números de capacidade de carga real calculados das áreas da bacia, porém essas respostas são pontuais para o indicador usado. É preciso levar em conta que existem outros fatores que possuem influencia sobre a bacia, mas que não são identificados pelo indicador usado no trabalho.

4. Considerações finais

Ao final deste trabalho, é possível concluir que a metodologia de capacidade de carga é passível de uso como ferramenta para análise ambiental. O indicador usado na pesquisa foi escolhido por impactar diretamente a parte central da bacia hidrográfica, que é o curso de água principal.

A metodologia proposta indica de forma rápida e simples a condição em que uma bacia se encontra, a partir do referencial dos indicadores usados na análise. A confiabilidade dos resultados depende diretamente da qualidade das informações usadas pelos indicadores ambientais utilizados, mas se usada de forma preliminar, a metodologia de capacidade de carga pode oferecer indicações iniciais a partir de dados menos confiáveis.

A limitação da proposta é abrangência da área de estudo. Quanto maior a área de estudo, maior é a complexidade. A grande quantidade de informações geradas devido a complexidade do ambiente força uma padronização dessas informações para que a análise se mantenha simples e rápida, podendo ocorrer perdas de detalhes importantes sobre a interação dos elementos nesse ambiente escolhido. Essa perda causa uma um declínio na credibilidade da metodologia, tornando-a imprópria para grandes áreas urbanas, mas passível de uso para pequenos recortes, como as bacias hidrográficas de pequeno porte.

Este trabalho buscou organizar uma metodologia que pudesse ser uma ferramenta para gestão ambiental de áreas urbanas, de processamento rápido e fácil compreensão, mas com respaldo em dados concretos. Ao adaptar a proposta de capacidade de carga turística de Arias (1999) para uma análise de impacto ambiental e a interface ambiental como um sistema de múltiplas interações (ARIZA; ARAUJO NETO, 2010), este trabalho buscou mostrar a importância do trabalho do geógrafo, profissional capacitado para a função de gestão ambiental.

Um bom exemplo da capacidade do geógrafo é a Lei Nº 12.608, de 10 de abril de 2012, que institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), autorizando a criação de um sistema de informações e monitoramento de desastres. Diversas competências instituídas por essa lei podem e devem ser executadas por geógrafos. A valorização do profissional da Geografia é algo que precisa ser fomentado. Acredito que esta proposta seja capaz de mostrar que uma análise de impacto ambiental possa ser conduzida

por um geógrafo, pois nesta análise as relações socioambientais fazem parte do conjunto a ser estudado. A visão geográfica sobre o todo pode ser gerar uma análise mais completa, ou pelo menos mais humana sobre a região em estudo.

Referências Bibliográficas

ARIAS, M.C. et al. **Capacidad de carga turística de las áreas de uso público del Monumento Nacional Guayabo, Costa Rica**. Turrialba: WWF Centroamérica, 1999. 75p.

ARIZA, C.G.; ARAUJO NETO, M.D. de. Contribuições da geografia para avaliação de impactos ambientais em áreas urbanas, com o emprego da metodologia pressão - estado impacto - resposta (P.E.I.R.). **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 11, n. 35, p.128-139, set. 2010. Disponível em: <<http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html>>. Acesso em: 11 de Abril de 2012.

BRASIL. Lei n. 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil – SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil – CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nº 12.340, de 1º de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm> . Acesso em: 7 set. 2012.

BOTTO, M. P. et al. Estudo quanti-qualitativo da precariedade das condições de saneamento ambiental em comunidades do Estado do Ceará. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**, 23., 2005, Campina Grande. Anais... . Campina Grande: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005. p. 1 - 9.

BRAGA, R. Planejamento urbano e recursos hídricos. In: BRAGA, R.; CARVALHO, P.F.C. **Recursos hídricos e planejamento urbano e regional**. Rio Claro: Laboratório de Planejamento Municipal-IGCE-UNESP. 2003. p. 113-127.

CÂMARA, G. Arquitetura de Sistemas de Informações Geográficas. In: CÂMARA, G. et al. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos, INPE, 2001 (on-line, 2a. edição, revista e ampliada).

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de bacias hidrográficas. Geomorfologia**. São Paulo: Edgar Blücher, 2ª edição, 1980, cap. 4: Análise de bacias hidrográficas.

DIAS, J.E. et al. Impacto ambiental de enchentes sobre áreas de expansão urbana no município de Volta Redonda/Rio de Janeiro. In: **Revista Biociências**. Taubaté, v.8, n.2, p.19-26, 2002.

FERREIRA, E.S. **A influência do sistema faxinal no estado ambiental da bacia hidrográfica do Rio Sete Saltos - PR**. 2009. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2009.

FERREIRA, E. da S.; LIRA, W. S.; CÂNDIDO, G. A. Sustentabilidade no setor de mineração: uma aplicação do modelo pressão-estado-impacto-resposta. **Engenharia ambiental: pesquisa e tecnologia**. Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 3, p. 074-091, jul./set. 2010.

FRANCO, M. A. R. **Planejamento Ambiental para a Cidade Sustentável**. 2a edição. Edifurb. Annablume, 2001.

GRIBBIN, J.E. **Introdução à hidráulica e hidrologia na gestão de águas pluviais**. São Paulo: Cengage Learning, 2009, cap. 10: Hidrologia fundamental.

PERES, R. B.; MENDIONDO, E. M. Desenvolvimento de Cenários de Recuperação como Instrumento ao Planejamento Ambiental e Urbano - Bases conceituais e Experiências Práticas. In. SEMINÁRIO NEUR/CEAM, 2004, Brasília, DF **A questão Ambiental e Urbana: Experiências e Perspectivas**, Brasília NEUR/CEAM, UnB, 2004.

PORTO, R.L. et al. Drenagem urbana. In: TUCCI, Carlos E.M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2002. p. 805-842.

REATTO, A. et al. **Mapa pedológico digital - SIG atualizado do Distrito Federal escala 1:100.000 e uma síntese do texto explicativo**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. 31 p.

ROSS, J.L.S; SPÖRL, C. **Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos**. Geosp: Espaço e Tempo, São Paulo, n. 15, p.39-49, 2004.

SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F. **Gestão de recursos hídricos: aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais**. Brasília, DF: Secretaria de Recursos Hídricos; Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa; Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2000, 659p.

SILVEIRA, A.L.L. da. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, Carlos E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2002. p. 35-51.

SOARES, T.S. et al. Impactos ambientais decorrentes da ocupação desordenada na área urbana do município de Viçosa, Estado de Minas Gerais. In: **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**. Garça, SP, ano IV, n.8, Agosto de 2006. <<http://www.revista.inf.br/florestal08/pages/artigos/artigo06.pdf>>. Data de acesso: 19 de Novembro de 2011.

STEINKE, V.A. **Uso integrado de dados digitais morfométricos (altimetria e sistema de drenagem) na definição de unidades geomorfológicas no Distrito Federal**. 2003. 1 v. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília - DF, 2003.

STEINKE, V. A. et al. Estimativa de Exportação de Cargas Poluidoras em Bacia Hidrográfica por Geoprocessamento. In: SAITO, C. H. (Org.). **Desenvolvimento Tecnológico e Metodológico para Mediação entre Usuários e Comitês de Bacia Hidrográfica**. Brasília: Departamento de Ecologia da Universidade de Brasília, 2004. p. 25-40.

STEINKE, V.A. et al. ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL DA BACIA DO CÓRREGO ARNIQUEIRAS NO DISTRITO FEDERAL. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 9, n. 27, p.214-228, set. 2008. Disponível em: <<http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html>>. Acesso em: 11 abr. 2012.

TEIXEIRA, R.M. de J.; GIUDICE, Dante S.; RODRIGUES, Jamile A. Expansão urbana e impactos ambientais: análise do Beiru/Tancredo Neves – Salvador – BA. In: **XIII Simpósio Nacional de Geografia Física Aplicada**. Viçosa, 2009.

TUCCI, C.E.M. **Gestão de águas pluviais urbanas**. Brasília: Ministério das Cidades, 2006. 194 p. (Saneamento para Todos, 4º volume).

Referências eletrônicas:

Administração Regional de Águas Claras. Disponível em:< <http://www.aguasclaras.df.gov.br/>>. Data de acesso: 10 de Abril de 2012.

Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal – Adasa. Disponível em:< <http://www.adasa.df.gov.br/>>. Data de acesso: 09 de Abril de 2012.

Agência Nacional de Águas – ANA. Disponível em:< <http://www.ana.gov.br/Institucional/default.asp>>. Data de acesso: 23 de Novembro de 2011.

Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil. Disponível em:< <http://conjuntura.ana.gov.br/conjuntura/>>. Data de acesso: 23 de Novembro de 2011.

Companhia de Planejamento do Distrito Federal – Codeplan. Disponível em:< <http://www.codeplan.df.gov.br/>>. Data de acesso: 09 de Abril de 2012.

Plano Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em:< <http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=161&idConteudo=9513>>. Data de acesso: 23 de Novembro de 2011.

O que é o CONAMA. Disponível em:< <http://www.mma.gov.br/port/conama/estr.cfm>>. Data de acesso: 23 de Novembro de 2011.