

# ESTUDO DE INDICADORES DE RISCOS AMBIENTAIS DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DO CARMO – PORTO NACIONAL(TO)<sup>1</sup>

*Ana Claudia Ventura dos SANTOS<sup>2</sup>*

*Mauricio Alves da SILVA<sup>3</sup>*

*Sandro Sidnei Vargas de CRISTO<sup>4</sup>*

## Resumo

A pesquisa trata do estudo de indicadores de riscos ambientais da sub-bacia hidrográfica do ribeirão do Carmo, no município de Porto Nacional, estado do Tocantins/Brasil, visa caracterizar os aspectos físicos, através de parâmetros morfométricos (comprimento dos rios, índice de circularidade da bacia, hierarquização da drenagem, densidade de rios, densidade de drenagem, coeficiente de manutenção), e contribui para novos estudos que venham ao encontro de propostas de conservação dessa sub-bacia. Para sua concretização, obedeceu-se a uma metodologia de execução baseada em levantamento bibliográfico e cartográfico, seguido de trabalho de campo para reconhecimento da área e entrevista com os moradores de Porto Nacional, com vista à percepção dos mesmos sobre a instalação da UHE do Lajeado. O material cartográfico foi digitalizado e vetorizado para obtenção dos dados morfométricos, através de softwares específicos de geoprocessamento. Os resultados indicam que naturalmente, a sub-bacia do ribeirão do Carmo não apresenta riscos ambientais significativos. Entretanto, as atividades implementadas exercem expressivas modificações na mesma, que implicam em perdas no que se refere ao capital natural e moral(ético) e cultural.

**Palavras-chave:** Bacia Hidrográfica. Risco Ambiental. Morfometria.

## Abstract

### **Study of indicators of environmental risks of the hydrographic sub-basin of the Carmo Stream – Porto Nacional (TO)**

The research deals with the study of indicators of environmental risks of sub-basin of the stream of Carmo, in the city of Porto Nacional, Tocantins State / Brazil, to characterize the physical aspects, through morphometric parameters (the length of the rivers, the index of the basin circularity, hierarchy of drainage, the density of rivers, the coefficient of maintenance), and it contributes to new studies that meet the proposed conservation goals of this sub-basin. For its realization, it obeys an implementation methodology based on literature and mapping survey, followed by field work for recognition of the area and interviewing the residents of Porto Nacional, overlooking the perception about the installation of paved UHE. The map material was scanned and vectorized to obtain the morphometric data, using specific software of geoprocessing. The results indicate that, naturally, the sub-basin of the stream of Carmo does not present significant environmental risks. However, the activities implemented exert significant modifications to it, involving losses in relation to natural capital and moral (ethical) and cultural.

**Key words:** Watershed. Environmental Risk. Morphometry.

<sup>1</sup> Este artigo é resultado da realização do Projeto de Pesquisa do mesmo nome, no período de 2004 a 2006.

<sup>2</sup> Geógrafa e Mestre em Geociências/UFRN. Profa. Assistente do curso de Geografia, UFRN/CERES/CAICÓ/RN. E-mail: annaventura@ig.com.br.

<sup>3</sup> Geógrafo e Mestre em Engenharia Civil/UFSC. Prof. Assistente do Curso de Geografia da Universidade Federal do Tocantins – UFT/ Campus de Porto Nacional e pesquisador do NEMAD. E-mail: mauricio.silva@uft.edu.br.

<sup>4</sup> Geógrafo e Prof. Assistente do Curso de Geografia da Universidade Federal do Tocantins – UFT/ Campus de Porto Nacional e pesquisador do NEMAD. E-mail: sidneicristo@uft.edu.br.

## INTRODUÇÃO

A importância das bacias hidrográficas é evidente no processo de ocupação territorial das sociedades humanas ao longo de sua história. No desenrolar do modelo de produção vigente e do crescente adensamento populacional, as pesquisas concernentes às bacias hidrográficas em seus aspectos quantitativos e qualitativos emergem como resposta à demanda crescente da disponibilidade dos recursos naturais, especificamente, os hídricos.

A bacia hidrográfica é um sistema que envolve a interação de diversas variáveis ambientais, tais como clima, substrato, relevo, água, solo, fauna, flora, e seu estudo é de interesse para o homem, pois se constitui em o *locus* imediato de desenvolvimento das atividades antrópicas. O seu conhecimento e compreensão perpassam, sobretudo, pelo entendimento interativo das variáveis ambientais. Permitindo-se assim, o planejamento e tomada de decisão quando da implementação de atividades em determinado território.

Surge nesse contexto, o ribeirão do Carmo que tem suas nascentes na Serra das Cordilheiras e tem como exutório o rio Tocantins, no estado homônimo. Sua relevância primaz se dá como unidade ambiental, bem como desperta o interesse no âmbito da pesquisa pelo fato de esta estar passando por um processo de degradação (NOGUEIRA, 2000). Dessa forma, denota-se a necessidade premente da realização de pesquisas que forneçam mais informações da sub-bacia em tela, assim como, associe-se nas discussões que envolvem os processos de construção e reconstrução do espaço geográfico da sub-bacia do ribeirão do Carmo. Entendendo-o como parte de um sistema hidrográfico complexo em seu quadro natural, econômico e social.

Nesse sentido, a pesquisa visa caracterizar a sub-bacia hidrográfica do ribeirão do Carmo por meio de parâmetros morfométricos. Principia-se com a determinação da hierarquia dos rios, para facilitar os estudos morfométricos, cuja composição é de parâmetros indicadores de riscos ambientais areais selecionados, tais como área, comprimento, forma (índice de circularidade), densidade de rios, densidade de drenagem e coeficiente de manutenção.

## FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Os estudos morfométricos em bacias hidrográficas têm sido disseminados por diversos autores, em diferentes regiões do Brasil. Dentre eles, evidenciam-se os trabalhos desenvolvidos por Beltrame (1994), Veríssimo et al. (1996), Ross (1997), Medeiros Sobrinho (1999), Christofolletti (2002), Granell-Pérez (2001), entre outros.

Beltrame (1994), realizou diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas. Determinou o parâmetro cobertura vegetal original e atual, a declividade média, a erosividade da chuva, potencial erosivo do solo, densidade de drenagem e o balanço hídrico para o cálculo do valor crítico do processo de degradação da bacia hidrográfica do rio do Cedro/SC.

Veríssimo et al. (1996), analisaram os aspectos geológicos, pedológicos, cobertura vegetal uso da terra, relacionando-os a rede de drenagem. Constataram a alta correlação entre os valores de densidade de drenagem e densidade dos rios. Ressaltaram a importância da litologia, relevo e solos como fatores controladores da infiltração da água e do escoamento superficial nos diferentes setores da bacia hidrográfica do rio Passauna/PR.

Ross (1997), ao abordar a análise do relevo aplicada ao planejamento ambiental, apresenta o grau de fragilidade, índice de dissecação, destacando-se aqui as formas de mensuração através da densidade de drenagem, frequência dos rios (mesmo que densidade dos rios) e a razão de textura.

Rocha (1997), salienta que existem cerca de quarenta parâmetros já estudados que determinam os tipos, padrões ou sistemas de drenagem, os quais caracterizam as bacias

hidrográficas. Dentre eles, aponta o comprimento da vazão superficial, a densidade de drenagem, o índice de circularidade, o índice de forma, a declividade média da bacia e o coeficiente de rugosidade.

Seguindo os fundamentos de Rocha (1997), dentre outros autores, Cristo (2001), elaborou um estudo de risco ambiental na sub-bacia do arroio Cadena, direcionado à inundação. Com base nos parâmetros índice de circularidade, nos aspectos geológicos, no uso e ocupação do solo e na declividade da bacia, distinguiu as microbacias que possuem propensão à inundação.

Medeiros Sobrinho (1999), realizou a caracterização física da bacia hidrográfica do rio Pitimbu/RN. Calculou a área da bacia, a forma, a ordem, densidade de drenagem, índice de sinuosidade e extensão média de escoamento superficial.

Christofoletti (2002), apresenta a análise em bacias hidrográficas, cujos parâmetros são representados pela análise linear, efetuada ao longo das linhas de escoamento; a análise areal, que envolve medições planimétricas e lineares; a análise hipsométrica, que se refere às unidades horizontais no tocante a sua distribuição em relação às faixas altitudinais; e, finalmente a análise topológica, que se relaciona à maneira pela qual os canais se encontram conectados.

Os parâmetros indicadores de riscos consistem em caracterizar, fisicamente, as bacias hidrográficas. Fornecem subsídios ao planejamento integrado, visto que possibilitam a revelação de riscos de deterioração ambiental (GRANELL-PÉREZ, 2001).

Os parâmetros estudados na pesquisa foram os morfométricos areais, tais como área, comprimento, forma (índice de circularidade), densidade de rios, densidade de drenagem, coeficiente de manutenção.

Tais parâmetros estão balizados em Christofoletti (2002), que se reporta aos fundamentos de Müller (1953) para determinação da forma (índice de circularidade); Horton (1945) para determinação da hierarquia fluvial, densidade de rios, densidade de drenagem, e; Schumm (1956) para a definição do coeficiente de manutenção.

O Índice de circularidade define a forma da bacia hidrográfica em circular ou alongada. "O resultado do Índice de circularidade é sempre um valor adimensional que varia entre 0 e 1". (GRANELL-PÉREZ, 2001, p. 93).

Conforme Muller (1953) citado por Lana, Alves e Castro (2001), valores de Índice de circularidade iguais a 0,51 indicam um nível moderado de escoamento, que não concentram águas que favoreçam cheias rápidas; valores maiores que 0,51 demonstram a tendência da bacia ser mais circular, propiciando os processos de inundação (cheias rápidas); enquanto que os valores abaixo de 0,51 são indicativos da forma da bacia ser mais alongada, permitindo o escoamento superficial.

No que concerne a hierarquia fluvial Horton (1945 apud CHRISTOFOLETTI, 2002, p. 106) afirma que

os canais de primeira ordem são aqueles que não possuem tributários; os canais de segunda ordem somente recebem tributários de primeira ordem; os de terceira ordem podem receber um ou mais tributários de segunda ordem, mas também podem receber afluentes de primeira ordem; os de quarta ordem recebem tributários de terceira ordem e, também, os de ordem inferior.

A determinação da hierarquia dos canais fluviais permite a percepção de transporte, volume e descarga detrítica da bacia hidrográfica. De acordo com Argento e Cruz (1996, p.271) "a ordem oferece maior significado hidrológico do que a toponímia que acompanha o canal na carta". Os autores exemplificam que um rio de primeira ordem terá sempre menor volume que um rio de segunda ordem, pois terá menor número de tributários, menor descarga, e assim sucessivamente.

A Densidade de rios consiste em comparar a frequência ou a quantidade de canais existentes em uma área de tamanho padrão (CHRISTOFOLETTI, 2002).

A Densidade de drenagem (tabela 1) se relaciona com as condicionantes climáticas e geológicas. Associa-se, desse modo, ao comportamento hidrológico das rochas. Uma Densidade de drenagem elevada é indicadora de boa disponibilidade hídrica em superfície, rochas mais impermeáveis, favorecendo o escoamento superficial e a conseqüente formação de canais fluviais. O contrário é verdadeiro.

**Tabela 1– Classificação dos valores de densidade de drenagem**

<b>Valores da Dd (km/km<sup>2</sup>)</b>	<b>Qualificação da Dd</b>
< 0,50	Baixa
0,50 a 2,00	Mediana
2,01 a 3,50	Alta
> 3,50	Muito alta

FONTA: BELTRAME (1994).

No que se refere ao aspecto Coeficiente de manutenção, esse indicador apresenta a área minimamente necessária à manutenção de um metro ou quilômetro de canal de escoamento (SCHUMM, 1956 apud ARGENTO; CRUZ, 1996).

Para concretização da pesquisa, buscou-se o embasamento à luz de uma abordagem teórica sistêmica que contempla o inter-relacionamento das variáveis do meio ambiente, procurando caracterizar os relacionamentos entre os elementos naturais do meio e a dinâmica de uso e ocupação do solo.

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a realização da pesquisa foram obedecidas as seguintes fases:

- Levantamento bibliográfico e cartográfico;
- Trabalho de campo para reconhecimento da área, registro fotográfico dos aspectos naturais e antrópicos, além de realização de entrevista estruturada com moradores de Porto Nacional;
- De posse do material cartográfico em meio analógico – folhas SC.22–Z–B–V/MI 1709, Fátima e SC.22–Z–B–VI/MI 1710, Porto Nacional, ambas em escala de 1:100.000, do ano de 1978 (BRASIL, 1978) -, converteu-se para ambiente digital para obtenção dos dados e informações contidos nessas cartas, através de *softwares* específicos de geoprocessamento, tais como AutoCAD R14 (AutoDesk Inc. – USA), para georreferenciamento e vetorização dos limites e rede de drenagem; posteriormente foram exportados, em extensão dxf, para o Spring versão 4.0 (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE), que forneceu as operações métricas, tais como área, perímetro, extensão dos canais, etc.
- Em gabinete, foi realizada interpretação e sistematização dos dados e informações preexistentes associados aos gerados no decorrer da pesquisa, culminando-se assim, em relatório final.

### *Fórmulas matemáticas para obtenção dos valores em cada parâmetro*

Índice de Circularidade

$$I_c = A/A_c \quad (1)$$

Onde,

A = área da bacia considerada.

A<sub>c</sub> = área do círculo do perímetro igual ao da bacia considerada.

Densidade dos rios

$$D_r = N/A$$

(2)

Onde,

N = número total de rios ou cursos de água da bacia.

A = área da bacia considerada.

Densidade de drenagem

$$D_d = L_t/A$$

(3)

Onde,

L = comprimento total dos canais.

A = área da bacia considerada.

Coefficiente de manutenção

$$C_m = 1/D_d$$

(4)

## CONTEXTO DA ÁREA ESTUDADA

### *Localização Geográfica*

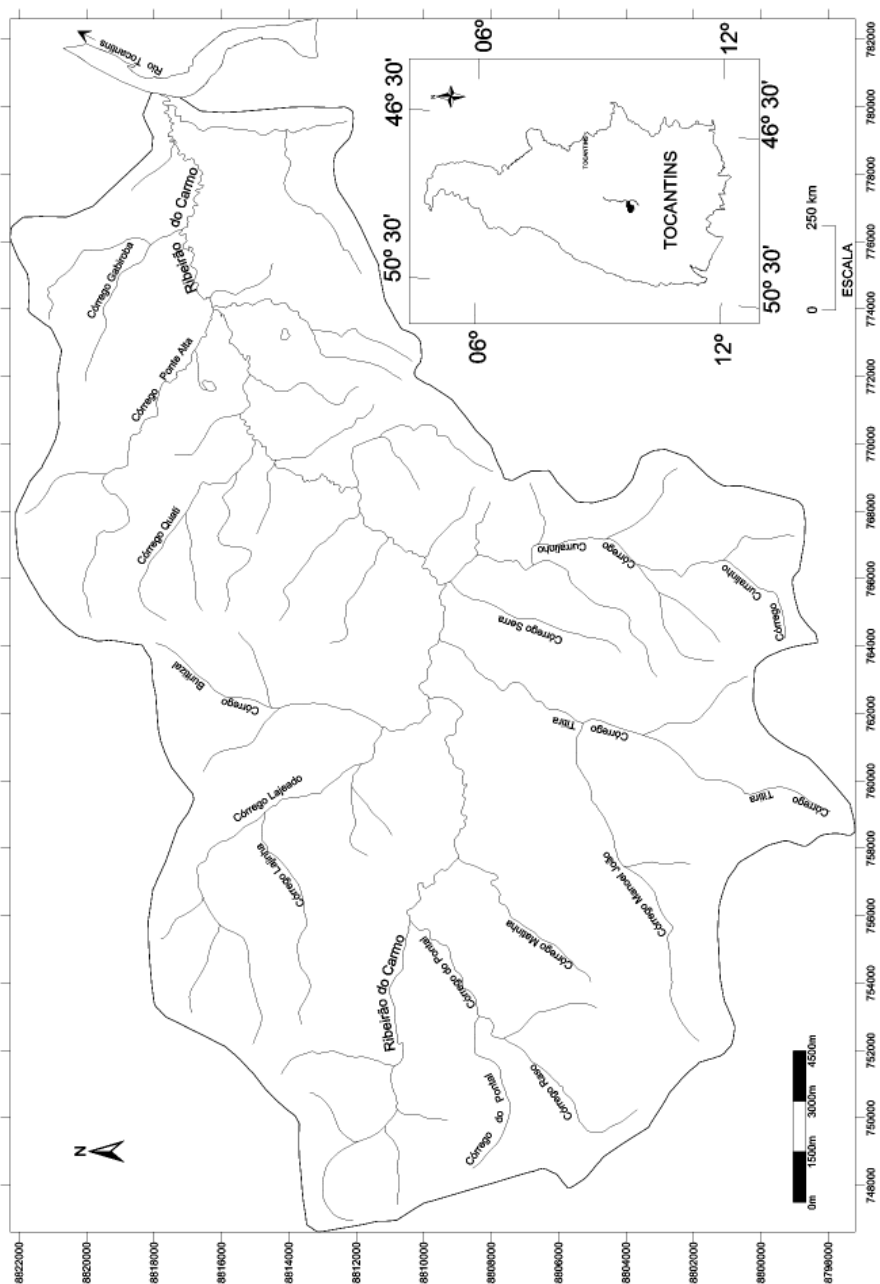
A sub-bacia do ribeirão do Carmo (figura 1) está inscrita em uma área de aproximadamente 480,79 km<sup>2</sup>, definida pelas coordenadas planas UTM 8.796.000mN e 8.824.000mN; 744.000mE e 782.000mE, referidas ao meridiano central 51° W Gr, Datum horizontal Córrego Alegre-Minas Gerais. Nasce na Serra das Cordilheiras, porção oeste do município de Porto Nacional e tem como exutório o rio Tocantins. Insere-se na região IX – Região Metropolitana de Palmas (SEPLAN, 2003).

### *Contextualização Ambiental*

O clima da área estudada é do tipo úmido, B1wA'a' de acordo com a classificação de Thornthwaite. Apresenta moderada deficiência hídrica no inverno. A precipitação média anual varia entre 1500 a 1600 mm/ano; no campo da temperatura apresenta média anual entre 27 a 28° C. A evapotranspiração potencial sofre variação média anual entre 1400 a 1700 mm, distribuindo-se no verão em torno de 390 e 480 mm ao longo dos três meses consecutivos com temperatura mais elevada (SEPLAN, 2003).

No que se refere aos aspectos geológicos Montalvão et al. (1981) afirmam que a área está embasada pelo Complexo Goiano, sobreposto pela Formação Pimenteiras, seqüenciada por Cobertura Sedimentar Tércio-Quaternária.

O Complexo Goiano constitui uma faixa de direção aproximadamente N-S. Acredita-se que existem unidades formadas em épocas distintas, que vão do Pré-Cambriano Inferior ao Superior. Quando forma relevo montanhoso encontra-se capeado por sedimentos paleozóicos da Bacia do Parnaíba, como no polígono Brejinho de Nazaré, Porto Nacional, Fátima e Paraíso do Tocantins. Os autores supramencionados asseguram que na estrada vicinal à direita da rodovia GO-262 (atual TO-255), a aproximadamente 42km do centro de Porto Nacional, com destino a GO-362 (atual TO-454), em seus primeiros 6 km são comuns afloramentos de biotita-gnaisses bem foliados, cortados por veios de quartzo-feldspáticos, bem como lajeiros de migmatitos. Na seqüência da última rodovia, encontraram gnaisses facoidais e veios de granito. Em síntese, os principais litotipos desse Complexo são cataclasito, granulito, migmatito, gnaisse, anfibolito, quartzito e rochas calcossilicatadas.



Elaboração: Ana Claudia Ventura dos Santos (2006)  
Fonte: DSG, 1878.  
Cartas Topográficas Fálmas (SC.22 - Z - B - V) e Porto  
Nacional (SC.22 - Z - B - VI).

**Figura 1 - Localização da área estudada**

As rochas areno-pelíticas da Formação Pimenteiras ocorrem de forma contínua, sendo na área pesquisada, a unidade litoestratigráfica mais expressiva da Bacia do Parnaíba. Data da Era Paleozóica, Período Devoniano, representada pela litologia de siltitos, siltitos foliáceos ferruginosos, argilitos, arenitos finos e grosseiros, níveis conglomeráticos e microconglomeráticos, subordinados e folhelhos escuros. A Formação Pimenteiras possui litoestratigrafia caracteristicamente marinha, com deposição a pouca profundidade, indicadas pela presença de estruturas como marcas de ondas e estratificações cruzadas, sendo assim, fossilífera.

A Cobertura Sedimentar Tércio-Quaternária está representada pelos sedimentos areno-argilosos, predominantemente inconsolidados e parcialmente laterizados, de granulação média a fina. Há ocorrência de cangas lateríticas, além dos siltitos, arenitos finos a grosseiros. "Suas origens estão relacionadas aos processos de Pediplanação terciário-quaternários, provavelmente provenientes dos arqueamentos 'pós-cretácicos' do embasamento cristalino" (BARBOSA et al., 1966 apud MONTALVÃO et al., 1981, p.143).

Conforme Mamede, Ross e Santos (1981) a área da sub-bacia estudada corresponde a Unidades Geomorfológicas de Planalto Residual do Tocantins e Depressão do Tocantins.

A Unidade Planalto Residual do Tocantins, ao sofrer erosão diferenciada gerou formas estruturais tabulares e dissecadas. A primeira constitui uma superfície aplanada, de topo parcial ou totalmente coincidente com a estrutura geológica, limitada por escarpas e retrabalhada por processos de pediplanação. Refere-se a uma superfície tabular de aspecto semicircular e interiormente erodida. A litologia relaciona-se aos arenitos devonianos repousantes diretamente sobre as rochas graníticas e gnáissicas do Complexo Goiano. Encontram-se nesta Unidade, formas de dissecação aguçadas, constituindo relevo de topo contínuo e aguçado, com diferentes ordens de grandeza e de aprofundamento de drenagem, separados geralmente por vales em forma de "V", apresentando dissecação muito fraca a fraca; e, formas de dissecação tabulares, com relevo de topo aplanado, com diferentes ordens de grandeza e aprofundamento de drenagem, separados por vale de fundo plano, apresentam dissecação variando de muito fraca, fraca e mediana. Na sub-bacia estudada as altitudes médias, aproximadas, são de 380m.

A Unidade Depressão do Tocantins apresenta como forma erosiva uma superfície pediplanada elaborada por processos de pediplanação, cortando litologias Pré-Cambrianas do Complexo Goiano e Devonianas da Bacia do Parnaíba.

Segundo Oliveira, Souza e Vieira (1981), os solos encontrados na área são os Latossolos Vermelho-Amarelo distrófico apresentam-se bastante representativos, acentuadamente drenados, com características concrecionárias, textura argilosa, ocorrendo em relevo suave ondulado, associado a solos Concrecionários distróficos indiscriminados com argila de baixa atividade, apresentando textura média, ocorrendo em relevo suave ondulado e ondulado. Incluem-se, também, os Latossolos Vermelho-Escuro distrófico, concrecionário, com textura argilosa.

Os solos Concrecionários distróficos apresentam B textural, com argila de baixa atividade, textura média/argilosa, associam-se aos solos Podzólicos Vermelho-Amarelo distrófico, com argila de atividade baixa, textura, média/argilosa. Associam-se, ainda, a solos Litólicos distróficos, apresentando textura média, ocorrendo em relevo ondulado a forte ondulado. Incluem-se os Latossolos Vermelho-Amarelo distrófico, anteriormente caracterizados, e o solo Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico, com argila de atividade baixa, concrecionário, de textura média/argilosa.

A sub-bacia do ribeirão do Carmo está inserida no sistema hidrográfico do rio Tocantins, cujas drenagens vertem para formar o rio principal do ribeirão do Carmo.

A formação vegetalacional identificada foi essencialmente de Savana (Cerrado), conforme Mileski et al. (1981). As fisionomias representativas são a Savana Arbórea Aberta (Campo Cerrado), com Floresta-de-Galeria, campestre, com arvoretas de aproximadamente

5m, de caráter xeromorfo aberto, ocorrendo nas áreas areníticas de clima tropical. Sofre intensa ação antrópica, através das queimadas todos os anos; e, Savana Parque (Parque de Cerrado), sem Floresta-de-Galeria, essencialmente campestre, ocorrendo em áreas encharcadas das depressões, com tapete graminóide e cobertura arbórea esparsa com uma só espécie.

Na área, predomina agricultura de subsistência, pecuária extensiva, dentre outros. Ressalta-se que este ribeirão sofreu a influência direta com a construção do Lago da UHE – Luis Eduardo Magalhães.

## INDICADORES DE RISCOS AMBIENTAIS

A sub-bacia hidrográfica do ribeirão do Carmo possui uma superfície areal de 480,79 km<sup>2</sup>, com perímetro de 109,17 km (tabela 2). Suas altitudes variam, aproximadamente, entre 200 a 560m.

**Tabela 2 – Análise areal da sub-bacia hidrográfica do ribeirão do Carmo<sup>1</sup>**

<b>A (km<sup>2</sup>)</b>	<b>L rio princ. (km)</b>	<b>L sub-bacia (km)</b>	<b>Ic</b>	<b>Dr canal/km</b>	<b>Dd (km/km<sup>2</sup>)</b>	<b>Cm (km<sup>2</sup>/km)</b>
480,79	50,05	34,68	0,51	0,11	0,62	1,61

<sup>1</sup> A = Área da sub-bacia; L rio princ. = Comprimento do rio principal; L sub-bacia = Comprimento médio da sub-bacia.

A sub-bacia do ribeirão do Carmo apresenta uma forma com tendência a alongada. Apesar dos elevados índices de precipitação média anual, concentrada no verão, portanto, surgindo em forma de enxurradas, a sub-bacia estudada não apresenta riscos de enchente, naturalmente. Isso se dá em virtude do valor do Índice de circularidade (0,51), associado ao substrato sedimentar, ao tipo de solo e o bioma de cerrado, que surge para compor uma paisagem originalmente estável.

O valor apresentado pela Densidade de rios (0,11 canais/km) denota que a sub-bacia possui baixa capacidade de gerar novos cursos de água (canais). Convém lembrar, entretanto, que a ação dos processos intempéricos fez surgir na área morfologias dissecadas, com capacidade de erosão elevada, provocando o aprofundamento da drenagem.

De acordo com a classificação proposta por Beltrame (1994, p.84) para os valores de Densidade de drenagem (tabela 1), a área estudada apresenta valor de 0,62 km/km<sup>2</sup>, cuja capacidade é mediana. Demonstra a correlação com as rochas subjacentes de caráter sedimentar. Denota, ainda, a estreita relação entre litologia, relevo, solos e vegetação no controle do escoamento superficial, favorecendo a infiltração.

Em relação ao Coeficiente de manutenção, o valor obtido para a sub-bacia estudada foi 1,61 km<sup>2</sup>/km, sendo que este valor expressa que a mesma é rica em canais fluviais.

A classificação hierárquica da sub-bacia do ribeirão do Carmo apresenta-se, segundo Horton (1945 apud CHRISTOFOLETTI, 2002) de quarta ordem (figura 2). Apresenta um total de canais fluviais da ordem de cinquenta e quatro (tabela 3), cujo rio principal, ribeirão do Carmo, possui aproximadamente 50,05 km de extensão. Os comprimentos médios apresentados, indicam que os maiores canais fluviais em extensão são aqueles de ordem superior, como os de terceira e quarta ordem.



**Tabela 3 – Parâmetros hierárquicos da sub-bacia hidrográfica do ribeirão do Carmo**

<b>Ordem</b>	<b>Número de canais fluviais</b>	<b>Comprimento médio (km)</b>
1ª	38	3,22
2ª	11	7,56
3ª	04	11,52
4ª	01	50,05
<b>TOTAL</b>	<b>54</b>	<b>72,35</b>

Seus maiores afluentes (figura 2), respectivamente, são o córrego Titira, com 13,71 km de extensão, constituindo-se de terceira ordem e situa-se na margem direita; o córrego Lajeado, com 13,37 km de extensão, é de segunda ordem e está situado na margem esquerda; e, o córrego Curralinho, com comprimento de 13,28 km, sendo de terceira ordem, localizado na margem direita do rio principal.

O conhecimento dos indicadores de riscos ambientais auxiliam na tomada de decisão quando se leva em consideração o planejamento integrado para as intervenções antrópicas. No que se refere à ação antrópica na área da sub-bacia do ribeirão do Carmo a pesquisa realizada por Nogueira (2000) para fins de mapeamento da cobertura vegetal e uso da terra no ano de 1998, demonstra preocupação quanto ao uso e ocupação da terra na sub-bacia do ribeirão do Carmo. A autora revela que quase a metade (46,36%) da área é utilizada para pastagem, além da agricultura de subsistência em áreas de nascentes e encostas. A área destinada para cobertura vegetal era, na ocasião da pesquisa, em 53,52%, composta por Cerrado sentido restrito, Mata de encosta e galeria.

Além da atividade de pastagem a sub-bacia em apreço já foi palco de extrativismo mineral (ouro e diamante - década de 1980), sofreu contaminação das águas pelo mercúrio, enfrenta a prática de queimadas periódicas, desmatamento, assoreamento dos leitos, exploração de areia e seixo, uso desordenado do solo, dentre outros. (NOGUEIRA, 2000).

A autora supracitada apontava naquele momento da pesquisa (2000), a perspectiva de que 50% do leito do ribeirão estaria ocupado pelo enchimento do reservatório da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães, popularmente conhecida como UHE do Lajeado. Fato consumado, o reservatório atingiu diretamente vinte municípios e diversas sub-bacias em seu entorno (figura 3).

Conforme Lanna (1995 apud TURNER, 1993), para se tratar dos problemas ambientais com base no desenvolvimento sustentável, os recursos necessitam ser vistos como estoque global de capital. Este estoque global de capital classifica-se em capital natural, compreendido pelos recursos naturais; capital humano, representado pela engenhosidade e conhecimento humanos; capital físico ou tecnológico, composto pela infra-estrutura criada pelo homem; e, capital moral (ético) e cultural. Os autores da presente pesquisa entendem que capital moral (ético) e cultural seja aquele representado pelos valores sociais, os quais se apresentam como arcabouço subjetivo, constituído por um conjunto de regras dos fatos e ações humanas, somado ao conjunto de experiências humanas acumuladas e transmitidas de geração para geração. Ademais, a perda parcial ou total desse capital se torna imensurável, tendo em vista a dificuldade em quantificá-lo.

Dessa maneira, a perda de capital natural e ético-cultural é perceptível quando os maiores impactos negativos se apresentam como perda da paisagem natural – rios com corredeiras, cachoeiras, considerável vazão dos canais fluviais, formação de bancos de areia e surgimento de praia em período desfavorável de precipitação pluviométrica, temperatura amena em virtude de vegetação de cerrado, formação de áreas de vazantes, disponibilidade de espécies da icitio-fauna, permanência de animais (répteis, anfíbios, insetos, etc.) em seu habitat natural, entre outros.

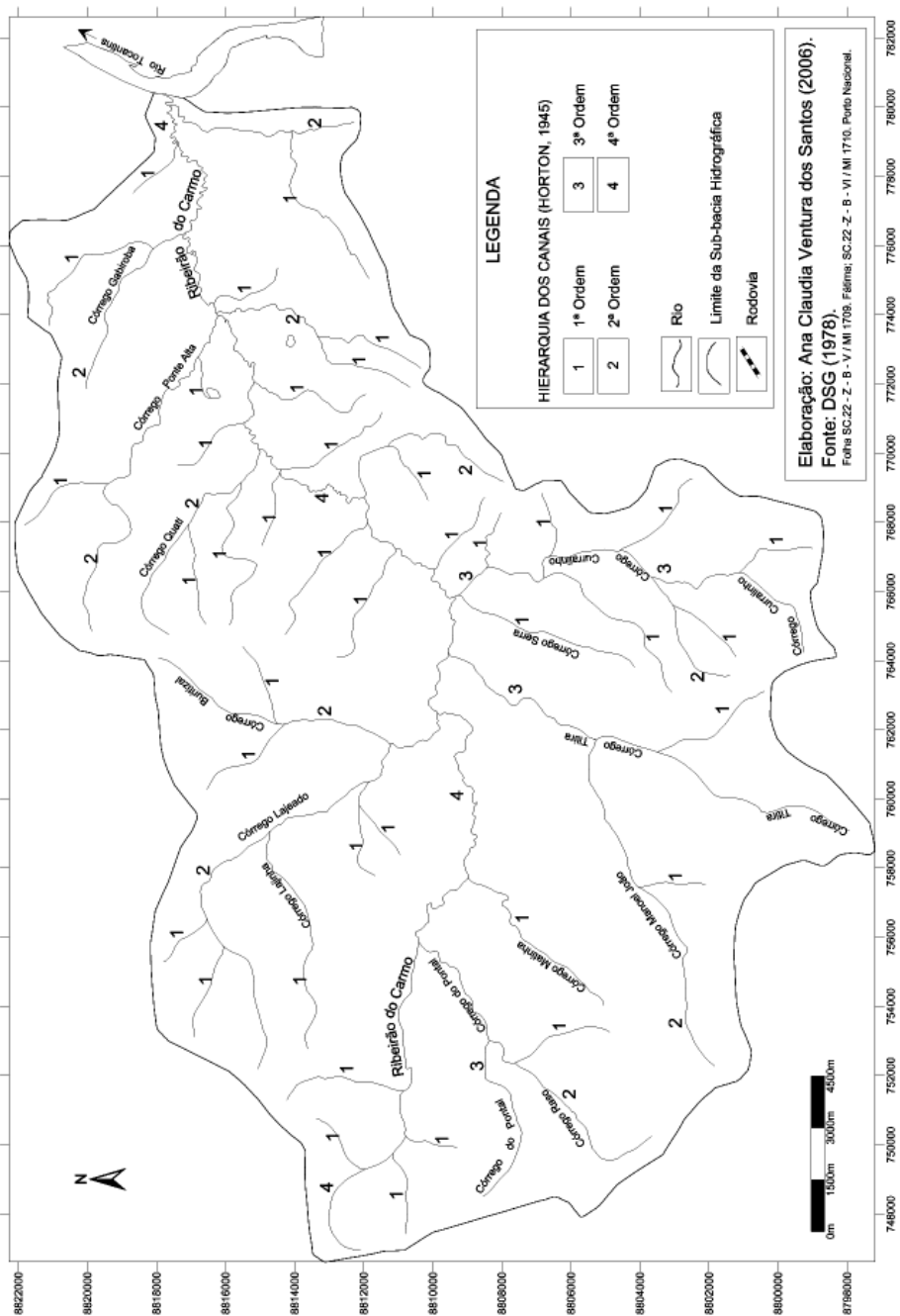


Figura 2 – Rede de drenagem e classificação hierárquica da sub-bacia do ribeirão do Carmo



**Figura 3 – Aspecto da foz do ribeirão do Carmo, após enchimento do reservatório da UHE do Lajeado**

Foto: SANTOS, A. C. V. (05/11/2004)

De acordo com as falas de alguns moradores de Porto Nacional essa perda (capital natural e ético-cultural) repercute, sobremaneira, nas atividades dos ribeirinhos e sua relação com o rio, com o labor relativo a cultura de subsistência e pesca. O seu remanejamento para outro ambiente implica, por vezes, em significativo aumento de suas dificuldades diárias, tais como deslocamento em vários quilômetros de distância de sua residência para o cultivo de espécies vegetais, além da indisponibilidade de água e apoio técnico, e principalmente, a perda de identidade dos mais idosos que, em alguns casos, chegam a sofrer de depressão e/ou ao óbito por perder o seu lugar de origem e suas relações estabelecidas, seja com a natureza, seja com a vizinhança; de modo geral, na perda das belezas naturais, utilizadas como recurso, transformadas em fonte de renda, gerando dinâmica econômica com a participação da população local e, principalmente, com a chegada de turista para realizar lazer e interagir com a cultura local; além dessas perdas, os moradores relatam o aumento de insetos nas residências, surgimento/aumento de doenças, eutrofização, poluição do lago e da praia artificial e desconforto térmico, que surgiu na pesquisa como a consequência mais enfatizada. Isto posto, verifica-se que a implantação da UHE do Lajeado gerou uma cadeia de impactos induzidos.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Considera-se, nesta pesquisa, a importância dos estudos morfométricos, que consistem em colocar em evidência os parâmetros indicadores de riscos ambientais de uma determinada bacia hidrográfica, tal como ela é originalmente. Dessa maneira, o conhecimento desses indicadores de riscos ambientais subsidia o planejamento integrado e a consequente tomada de decisão no que diz respeito às intervenções antrópicas.

Neste sentido, os resultados denotam que os indicadores de riscos ambientais selecionados para o desenvolvimento da pesquisa apresentada, associados ao seu contexto ambiental não oferecem riscos ambientais significativos, naturalmente. No entanto, considera-se de bom aviltre lembrar que, esta sofre intervenção com implimento de diversas atividades, inclusive aquelas que exercem expressivas modificações no meio ambiente. Essas modificações implicam em perdas consideráveis, principalmente, no que se refere ao capital natural e moral(ético) e cultural.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos acadêmicos do curso de Geografia que cursaram a disciplina Técnica de Pesquisa em Geografia, no período de 2006.1, que realizaram entrevista com os moradores do assentamento Ipê, e especialmente a acadêmica Artemiza Ferreira Soares (voluntária do NEMAD/CECAP), pela aplicação das entrevistas com parte dos moradores do município de Porto Nacional/TO.

## REFERÊNCIAS

- ARGENTO, M. S. F.; CRUZ, C. B. M. Mapeamento geomorfológico. In: CUNHA, S. B.; A. J. T. GUERRA (Orgs.). **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 265 – 282.
- BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação**. Florianópolis: UFSC, 1994. 112 p.
- BRASIL. Ministério do Exército. Departamento de Engenharia e Comunicações. Diretoria de Serviços Geográficos (DSG). **Fátima. Folha SC.22 – Z – B – V / MI 1709**. Brasília: 1978. 1 carta planialtimétrica, color. Escala 1: 100.000.
- BRASIL. Ministério do Exército. Departamento de Engenharia e Comunicações. Diretoria de Serviços Geográficos (DSG). **Porto Nacional. SC.22 –Z – B – VI / MI 1710**. Brasília: 1978. 1 carta planialtimétrica, color. Escala 1: 100.000.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. Rev. e Ampl. 7.reimp. São Paulo: Edgard Blücher, 2002.
- CRISTO, S. S. V. **O estudo de risco ambiental na sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena, direcionado a inundação, Santa Maria, RS**. Monografia (Especialização em Interpretação de Imagens Orbitais e Suborbitais) – UFSM, CEIIOSO, Santa Maria, 2001.
- GRANELL-PÉREZ. M. C. **Trabalhar geografia com as cartas topográficas**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2001.
- LANA, C. E.; ALVES, J. M. P.; CASTRO, P.T. Análise morfométrica da bacia do rio Tanque, MG-Brasil. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 54, n.2, apr./jun. 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 04/maio/2006.
- LANNA, A. E. L. **Gerenciamento de Bacia Hidrográfica: Aspectos Conceituais e Metodológicos**. Brasília: IBAMA, 1995. 171p. (Coleção Meio Ambiente).
- MAMEDE, L.; ROSS, J. L. S.; SANTOS, L. M. Geomorfologia. In: BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria-Geral. **Projeto RADAMBRASIL. Folha SC. 22 Tocantins**. Rio de Janeiro: 1981. p. 197 – 248.

MEDEIROS SOBRINHO, O. R. **Caracterização física da bacia do Pitimbu – RN**. Monografia (Especialização em Recursos Minerais e Hidrogeologia) - UFRN, DEC, Natal, 1999.

MILESKI, E. et al. Vegetação. In: BRASIL.Ministério das Minas e Energia. Secretaria-Geral. **Projeto RADAMBRASIL. Folha SC. 22 Tocantins**. Rio de Janeiro: 1981. p. 393 – 467.

MONTALVÃO, R. M. G. et al. Geologia. In: BRASIL.Ministério das Minas e Energia. Secretaria-Geral. **Projeto RADAMBRASIL. Folha SC. 22 Tocantins**. Rio de Janeiro: 1981. p. 21 – 196.

NOGUEIRA, E.S.C. **Cobertura e uso da terra da microbacia do ribeirão do Carmo – município de Porto Nacional no ano de 1998**. Monografia (Graduação em Geografia) – UNITINS – Congregação de Geografia, Porto Nacional, 2000.

OLIVEIRA, A. B.; SOUZA, L. F. P.; VIEIRA, P. C. Pedologia. In: BRASIL.Ministério das Minas e Energia. Secretaria-Geral. **Projeto RADAMBRASIL. Folha SC. 22 Tocantins**. Rio de Janeiro: 1981. p. 249 – 392.

ROCHA, J. S. M. **Manual de projetos ambientais**. Santa Maria(RS): Imprensa Universitária, 1997.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. 4. ed. São Paulo: Contexto, 1997.

SEPLAN – SECRETARIA DE PLANEJAMENTO DO TOCANTINS. **Atlas do Tocantins** – subsídios ao planejamento da gestão territorial. Palmas(TO): SEPLAN, ago/2003.

VERÍSSIMO, M. E. Z.; MORAES NOVO, E. M. L.; VERÍSSIMO, C. U. V. Estudo da Bacia Hidrográfica do rio Passaúna-PR através de parâmetros morfométricos da rede de drenagem. **Revista de Geologia**. Fortaleza, Departamento de Geologia/UFCE, v. 9, p. 97-109, 1996.

Recebido em novembro de 2009

Aceito em junho de 2010

