

DETERMINAÇÃO DO GRAU DE DETERIORAÇÃO DO SETOR 2 DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CANOAS (SC) PELO MÉTODO DO DIAGNÓSTICO FÍSICO-CONSERVACIONISTA

Silvio Luís Rafaeli Neto (*), Mariana Bonella Cunha, Cassio Dias de Almeida, Ana Carolina Willemann de Souza, Vitor Barni

* Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC; silvio.rafaeli@udesc.br

RESUMO

A gestão integrada de bacias hidrográficas é um conjunto de ações de visam compatibilizar as atividades sócio-econômicas com a sustentabilidade ambiental. Elaborar planos para o gerenciamento exige conhecer o sistema, seus componentes e suas relações, a fim de formular os problemas a serem atacados. Os custos financeiros muitas vezes inviabilizam o levantamento e a análise de dados, especialmente em grandes bacias. Este trabalho apresenta a aplicação da metodologia baseada no Diagnóstico Físico-Conservacionista (DFC), numa escala compatível para o Setor 2 da bacia do rio Canoas (SC), com área superior a 3.000km². Foram aplicadas técnicas de geoprocessamento para o levantamento de um conjunto de parâmetros morfométricos, ambientais, sociais e econômicos, numa abordagem simples e que pode ser adaptada para regiões que tenham carência de dados. A análise morfométrica mostrou que a estratégia de sub-dividir o Setor 2 em sub-bacias provou-se correta e que a sub-bacia 3 é a que apresenta maior sensibilidade hidrológica e maior nível de deterioração.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão Integrada de Bacias Hidrográficas, gestão dos recursos hídricos, gestão ambiental, geoprocessamento, ArcGis.

INTRODUÇÃO

De acordo com Mota (1995), o planejamento territorial de uma bacia hidrográfica, com base em suas características ambientais, constitui o melhor método para evitar a degradação de seus recursos hídricos. Neste contexto, Yassuda (1993) complementa que a bacia hidrográfica é o palco unitário de interação das águas com o meio físico, o meio biótico e os meios social, econômico e cultural.

Esta visão que integra espaço e recursos hídricos está dentro do escopo da Gestão Integrada de Bacias Hidrográficas (GIBH), cujas ações são prevista em um plano. Formular os problemas, gerar alternativas de solução e selecionar alternativas são atividades de um Processo de Tomada de Decisão (RAFAELI NETO, 2000), em que o plano figura na etapa de Inteligência. Levantar dados, gerar informações e realizar diagnósticos são as atividades desta etapa, cujo produto são os problemas formulados. Portanto, os diagnósticos Físico-Conservacionista (DFC), Sócio-Econômico (DSE) e Ambiental (DA), são parte do processo de formulação e análise dos problemas, aplicados neste trabalho no Setor 2 da bacia hidrográfica do rio Canoas.

A estratégia de setorização da bacia hidrográfica do rio Canoas foi proposta ao Comitê da Bacia como meio de viabilizar o monitoramento da qualidade da água, com o objetivo de prover parte dos dados necessários para o diagnóstico ambiental, como subsídio à elaboração do seu Plano de Bacia. Este trabalho tem por objetivo a determinação do grau de deterioração ambiental do Setor 2 como meio de levantar informações relevantes na escala 1:100.000 e discutir seus principais problemas.

A bacia hidrográfica do rio Canoas (Figura 1) é a maior bacia hidrográfica catarinense, possui uma área de drenagem de 15.012 km² e o rio principal uma vazão média anual de 260 m³.s⁻¹ (Santa Catarina, 2015). O rio Canoas nasce próximo a Urubici (SC), entre a Serra da Anta Gorda e a Serra da Boa Vista, ambas parte da Serra Geral. Seu exutório está localizado entre os municípios de Campos Novos e Celso Ramos, em Santa Catarina, e Barracão, no Rio Grande do Sul. A partir deste ponto, o rio Canoas recebe seu principal afluente, o rio Pelotas e, juntos, formam o rio Uruguai.

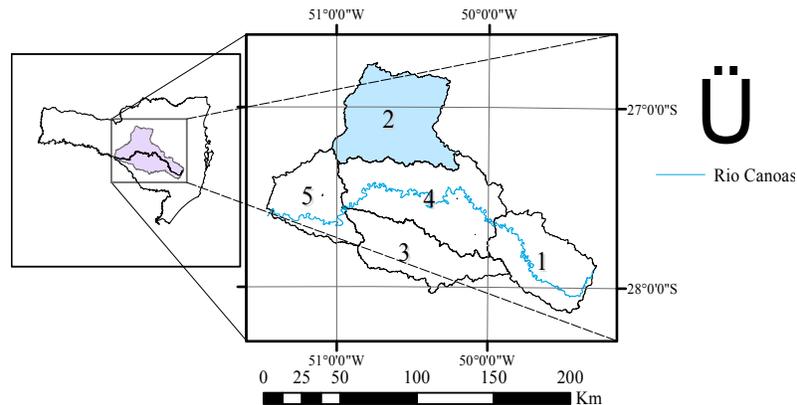


Figura 1 - Mapa de situação do Setor 2 bacia hidrográfica do rio Canoas.

MATERIAIS E MÉTODOS

A primeira etapa do trabalho foi o reconhecimento *in loco* da área de estudo, com o objetivo de avaliar o uso e ocupação do solo em diferentes locais. Este trabalho de campo, aliado a uma análise preliminar do Modelo Digital do Terreno (SANTA CATARINA, 2014) e do mapa de Uso e Ocupação do Solo, indicaram a necessidade de subdividir o Setor 2 pelo critério de sub-bacias.

De acordo com FERNANDES & SILVA (1994), a subdivisão de uma bacia hidrográfica de maior ordem em seus componentes (sub-bacias hidrográficas) permite pontuar problemas difusos, tornando mais fácil a identificação de focos de degradação de recursos naturais, da natureza dos processos de degradação ambiental instalados e o grau de comprometimento da produção sustentada existente. Esta abordagem também está de acordo com o enfoque sistêmico pelo qual, sistemas complexos tendem a ser melhor analisados quando decompostos em sub-sistemas. O diagnóstico do todo pode ser conseguido pelo diagnóstico de suas partes.

Para a aplicação do método do Diagnóstico Físico-Conservacionista (DFC) proposto por Beltrame (1994), fez-se necessário construir uma base cartográfica composta por mapas da rede de drenagem, de declividades, de uso e ocupação do solo e de tipos de solos. Com estes mapas foi possível calcular alguns parâmetros morfométricos e subsidiar o Diagnóstico Sócio-Econômico (DSE) e o Diagnóstico Ambiental (DA).

A rede de drenagem foi obtida por extração automática do MDT com resolução de 30m; o mapa de declividades foi gerado a partir do MDT, adotando-se as classes recomendadas por EMBRAPA (2004); o mapa de uso e ocupação do solo foi produzido com as classes de nível II, adaptadas a partir de IBGE (2013) e por classificação supervisionada sobre imagens LANDSAT 8 do dia 7 de dezembro de 2014, com o aplicativo ENVI 4.7. As classes utilizadas neste estudo foram Água, Agricultura, Área Urbana, Mata Nativa e Reflorestamento. Este procedimento está de acordo com Silva et al. (2005), que considera essencial que a escolha da imagem e da metodologia de classificação do uso do solo deva ocorrer de acordo com as necessidades do usuário e com as características da região. O mapa dos tipos de solos foi o mapa de solos disponibilizado pela Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária (EMBRAPA) na escala 1:250.000. Os parâmetros morfométricos calculados foram: Área, Perímetro, Comprimento da Bacia, Largura Média da Bacia, Cotas Altimétricas, Relevo Total, Fator de Forma e Coeficiente de Compacidade.

Os diagnósticos foram parametrizados a partir de Beltrame (1994), Das Neves (2012) e Carvalho (2004), cuja metodologia se origina no Centro Interamericano de Desenvolvimento de Águas e Terras (CIDAT) do Ministério do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (MARNR) da Venezuela.

O DFC calcula o Estado Físico Conservacionista (Ef) por 7 parâmetros referentes ao estado da vegetação, características climáticas, geológicas, pedológicas e de relevo da área estudada (Equação 1). Os 7 parâmetros que integram o Estado Físico-Conservacionista, aliados ao Diagnóstico Sócio Econômico (DSE) e o Diagnóstico Ambiental (DA) foram aplicado em cada sub-bacia.

$$Ef = COa + CAb + DMc + Ed + PEe + DDf + BHg \quad \text{equação (1)}$$

Na qual COa representa o grau de semelhança entre a cobertura vegetal original e a atual (Altamente semelhante, Semelhante, Mediamente semelhante, Baixa semelhança, Nenhuma semelhança), CAb a proteção da cobertura vegetal atual do solo (0 a 1), DMc a declividade média da bacia (Plano, Ondulação suave, Ondulado, Ondulação moderada, Ondulação forte), Ed a erosividade da chuva (Débil, Média, Forte, Muito forte, Excessiva); PEe o potencial erosivo do solo (Baixo, Moderado, Moderado a alto, Alto, Muito alto), (DDf) a densidade de drenagem (Baixa, Médiana, Alta, Muito alta) e BHg o resultado do balanço hídrico simplificado (Muito alto, Alto, Médio, Baixo). Os índices a, b,...g são os valores que cada parâmetro assume, dentro de uma faixa de variação dada por tabelas e própria de cada parâmetro.

A Cobertura Vegetal Original (COa) foi considerada como sendo Floresta Ombrófila Mista Montana, conforme descrito em Pimenta et al. (1991), distribuída em todo o Setor 2. A proteção da cobertura atual do solo (CAb) foi estimada a partir do mapa de classes de uso e ocupação do solo, a declividade média (DMc) foi calculada pela Equação 2, a erosividade da chuva (Ed) pelas equações 3 e 4, a densidade de drenagem (DDf) pela Equação 5, o balanço hídrico (BHg) pelas equações 6 e 7.

$$DM = \frac{LDN}{A} \quad \text{equação (2)}$$

$$E_i = 6,886 \left(\frac{P_i}{P} \right)^{0,85} \quad \text{equação (3)}$$

$$P = \sum_{i=1}^{12} P_i \quad \text{equação (4)}$$

$$Dd = \frac{L_t}{A} \quad \text{equação (5)}$$

$$P-ETP = \pm \Delta S \quad \text{equação (6)}$$

$$ETP_j = f_j \cdot 1,6 \left(\frac{10t_j}{I} \right)^{0,4} \quad \text{equação (7)}$$

Nas quais L: comprimento total das curvas de nível;

DN: equidistância ou desnível entre as curvas de nível;

A: área da bacia;

E_i : erosividade média de cada mês do ano (ou índice de erosão médio mensal) válida no período da série histórica de chuvas (t/ha.mm/h);

p_i : precipitação média do i-ésimo mês obtida no período da série (mm);

P : precipitação total média no ano (mm), ponderada na área;

L_t: comprimento total da rede de drenagem;

ΔS: variação da umidade do solo (mm);

I : Índice de eficiência de temperatura anual;

ETP_j = evapotranspiração média mensal (mm/dia) do j-ésimo mês;

t_j : temperatura média mensal (°C) do j-ésimo mês;

f_j : comprimento médio dos dias do j-ésimo mês.

Para a determinação do potencial erosivo, aplicou-se metodologia adaptada a partir de Carvalho (2004) e Das Neves (2012) (Figura 2).

Para o Diagnóstico Sócio Econômico (DSE) o estudo considerou o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e Produto Interno Bruto (PIB) dos municípios abrangidos pelas sub-bacias (Curitibanos, Campos Novos, Lebon Régis, Fraiburgo, Monte Carlos, Santa Cecília, São Cristovão do Sul e Ponte Alta do Norte). O IDH é uma medida de desenvolvimento humano que considera em sua determinação índices como a expectativa de vida ao nascer, educação e renda da população. Dessa forma, parte-se do pressuposto de que a degradação ambiental é inversamente proporcional ao nível sócio-econômico da população.

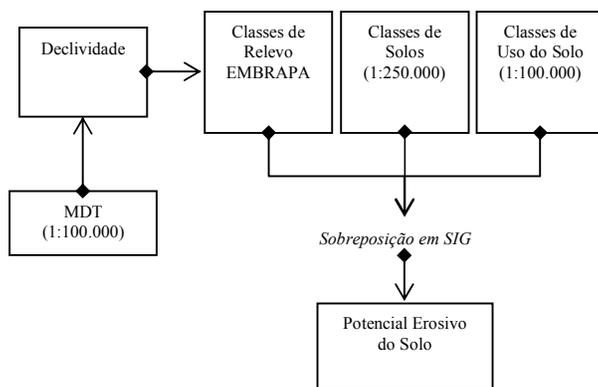


Figura 2 – Worklow para determinação do potencial erosivo do solo.

O Diagnostico Ambiental (DA) foi realizado de forma interpretativa considerando os elementos da poluição direta nos recursos hídricos, aplicação de agroquímicos e práticas agrícolas inadequadas, em um sistema de pesos, que define o nível de impacto ambiental da prática sobre o meio ambiente.

A Deterioração da Ambiência foi calculada pela média aritmética simples dos três índices anteriores.

Os graus de deteriorações das bacias foram normalizados para índices entre 0% a 100% (y), calculando-se a Reta de Deterioração (Equação 7).

$$y = a + b \cdot Ef \quad \text{equação (7)}$$

Resolvendo-se o sistema de equações da Equação 8, determinou-se os coeficientes “a” e “b” da reta que converte os índices de Ef em índices percentuais.

$$\begin{aligned} ax + b &= 0 \\ ax' + b &= 100 \end{aligned} \quad \text{equação (8)}$$

Onde:

- x: valor mínimo da soma dos critérios (x = 7)
- x': valor máximo da soma dos critérios (x' = 32)

O valor mínimo possível Ef = 7 significa o melhor estado físico-conservacionista que a sub-bacia pode apresentar. O máximo valor Ef = 32 representa o pior estado físico-conservacionista.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A subdivisão do Setor 2 em sub-bacias, ou sub-sistemas, resultou em cinco áreas, distribuídas conforme ilustrado na Figura 2. Os parâmetros morfométricos do setor e das sub-bacias estão apresentados na Tabela 1.

A densidade de drenagem (Dd) do setor e das sub-bacias mostraram-se próximas, com valores variando de 0,745 (sub-bacia 5) a 0,788 (sub-bacia 3) km/km². De acordo com Vilela e Mattos (1975), esse índice pode variar de 0,5 km/km² em bacias com drenagem pobre a 3,5 km/km², ou mais, em bacias bem drenadas. Contudo, este parâmetro é altamente dependente da escala do trabalho. Na escala 1:10.000, é possível verificar que todo esse setor é bem servido por rios e córregos (SDS, 2013).

Considerando-se que as densidades de drenagem foram equivalentes e que o índice de rugosidade (Ir) variou conforme a variação do relevo total (H), conclui-se que as sub-bacias que apresentaram os maiores índices de rugosidade são, portanto, as que apresentam as vertentes mais íngremes. Considerando ainda que o setor apresentou um valor maior de Ir (511,03) do que as sub-bacias, conclui-se que Setor 2 possui relevo geral mais dissecado, servido com colinas e com canais mais esculpidos.

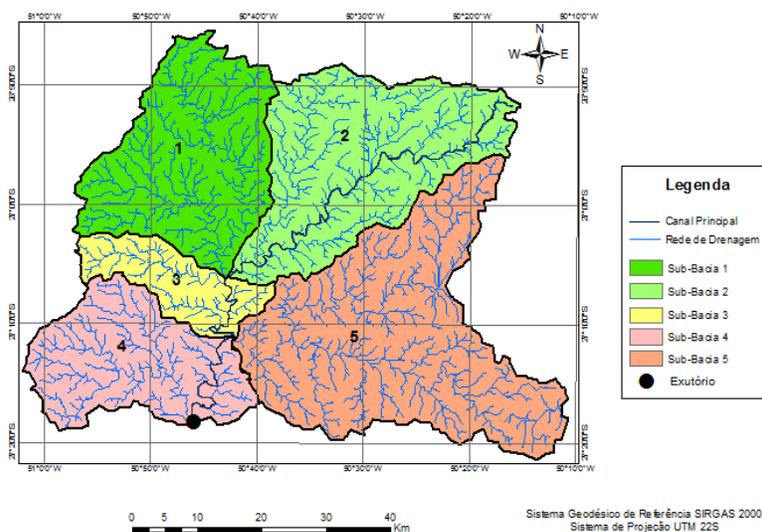


Figura 2 - Sub-divisão do Setor 2 em cinco sub-bacias

Tabela 1 - Parâmetros morfométricos do Setor 2 e suas sub-bacias. Fonte: os autores.

Parâmetro	Setor 2	Sub-bacia				
		1	2	3	4	5
A(km ²)	3585,759	733,974	851,305	244,071	550,225	1206,184
P(km)	481,341	131,823	149,188	88,669	116,388	201,633
L(km)	88,089	39,544	52,714	31,636	37,081	54,030
\bar{L} (km)	40,706	18,561	16,150	7,715	14,838	22,324
\bar{L}/L (km/km)	0,462	0,469	0,306	0,244	0,400	0,413
Cota máx(m)	1444,470	1359,730	1444,470	1165,510	1158,670	1298,450
Cota min(m)	764,918	842,156	842,156	798,670	764,918	798,670
Lt(km)	2697,940	555,387	639,856	192,444	411,461	898,615
H(m)	679,552	517,574	602,314	366,840	393,752	499,780
Kf	0,462	0,469	0,306	0,244	0,400	0,413
Kc	2,267	1,372	1,442	1,601	1,399	1,637
Dd(km/km ²)	0,752	0,757	0,752	0,788	0,748	0,745
Ir(km/km ²)	0,511	0,392	0,453	0,289	0,295	0,372

Os índices de forma (Kf e Kc) apontam para bacias alongadas, inclusive para o Setor 2, apesar de aparentemente ser uma bacia compacta. A razão para isto está no critério de definição do comprimento axial da bacia, o qual é medido da foz ao ponto mais distante do divisor de águas. A linha vetorial do Setor 2 inicia no centro do divisor sul e se estende no sentido nordeste.

Tabela 2 – Matriz de correlação dos parâmetros morfométricos. Fonte: os autores.

	Setor 2	sub-bacia 1	sub-bacia 2	sub-bacia 3	sub-bacia 4	sub-bacia 5
Setor 2	1,00					
sub-bacia 1	-0,19	1,00				
sub-bacia 2	-0,19	1,00	1,00			
sub-bacia 3	-0,16	0,94	0,91	1,00		
sub-bacia 4	-0,18	1,00	0,99	0,96	1,00	
sub-bacia 5	-0,19	0,95	0,96	0,78	0,92	1,00

A sub-bacia 3 parece ser a que apresenta a maior sensibilidade hidrológica, uma vez que possui o menor índice de rugosidade (I_r), e a maior proximidade do canal principal com o divisor de águas ($\bar{L}/L = 0,244$). O Tempo de Concentração (T_c) nesta sub-bacia tende a ser o menor em relação às demais, seja pelas dimensões da bacia (244 km²), seja pela proximidade do canal principal com o divisor de águas. Infere-se ainda que esta sub-bacia poderá estar mais propensa a inundações, considerando a menor rugosidade.

A matriz de correlação dos parâmetros morfométricos (Tabela 2) sugere que as sub-bacias são semelhantes entre si e distintas do setor. A sub-bacia 4 é a sub-bacia que apresenta a maior semelhança absoluta com as demais sub-bacias. As sub-bacias 3 e 5 são as que apresentam mais dissimilaridades entre seus parâmetros morfométricos.

A análise das tabelas 1 e 2 traz indícios de que a decisão de sub-setorizar o Setor 2 em sub-bacias mostrou-se correta, na medida em que produziu zonas geomorfológicas semelhantes entre si e distintas do setor global.

O mapa de uso e ocupação apresenta a distribuição espacial das classes (Figura 2). A classe Mata Nativa predomina na região com 48,81% da área total de 3585,771 Km². A área utilizada com reflorestamentos é significativa na bacia, com 25,07%, especialmente concentrada nas sub-bacias 2 e 5. As atividades agrícolas representam 22,71% a área do Setor 2. Apesar de estarem dispersas, percebe-se a tendência a se concentrarem nas sub-bacias a leste (1, 3 e 4). Os corpos d'água identificáveis nas imagens de satélite representam 2,71%, e os núcleos urbanos 0,07% do total (Figura 3).

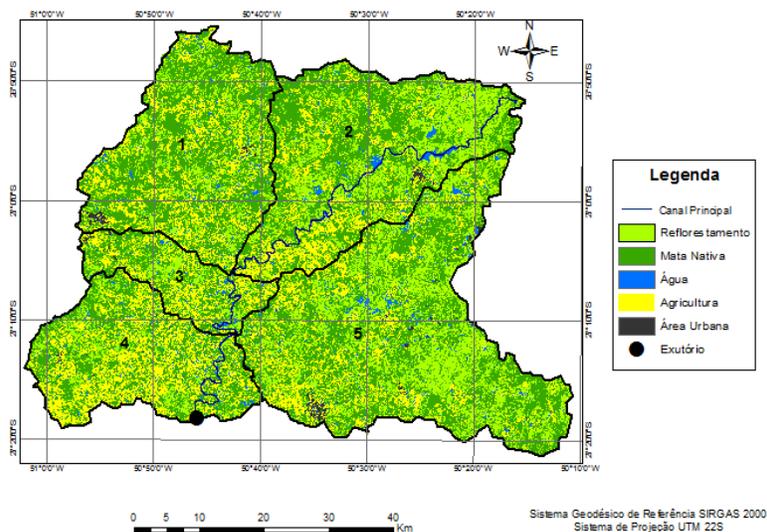


Figura 2- Mapa de uso e ocupação do solo do Setor 2 da bacia hidrográfica do rio Canoas.

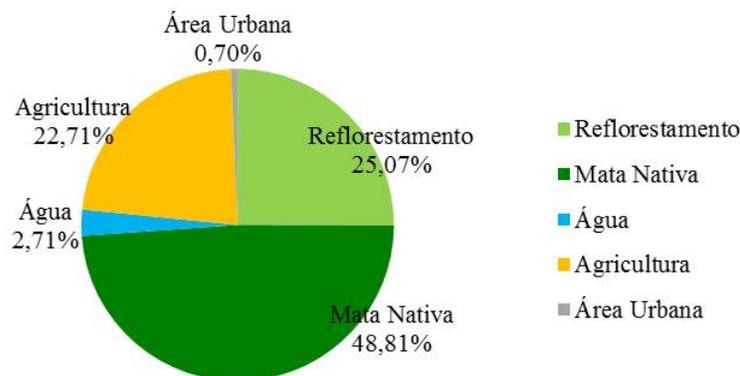


Figura 3- Classes de uso e ocupação do solo do Setor 2 da bacia hidrográfica do rio Canoas.

Os 7 parâmetros referentes ao estado da vegetação, características climáticas, geológicas, pedológicas e de relevo da área estudada levantados no DFC estão apresentados na Tabela 3 .

Tabela 3 - Parâmetros de vegetação, características climáticas, geológicas, pedológicas e de relevo do Setor 2 e sub-bacias. Fonte: os autores

Parâmetro	Sub-bacia				
	1	2	3	4	5
COa	CO3	CO3	CO3	CO3	CO3
CAb	CA2	CA2	CA3	CA3	CA2
DMc	DM2	DM2	DM2	DM2	DM2
Ed	E2	E2	E3	E3	E3
PEe	PE2	PE2	PE2	PE2	PE2
DDf	DD2	DD2	DD2	DD2	DD2
BHg	BH3	BH3	BH2	BH2	BH2
Ef	16	16	17	17	16

COa: grau de semelhança entre a cobertura vegetal original e a atual; CAb: proteção da cobertura vegetal atual do solo; DMc: declividade média; Ed: erosividade da chuva; PEe: Potencial erosivo do solo; DDf: densidade de drenagem; BHg: balanço hídrico.

Todas as sub-bacias obtiveram grau de semelhança CO3 (entre 41-60%), ou seja, com base na metodologia de Beltrame, significa que a cobertura vegetal atual é medianamente semelhante com a original. A proteção da cobertura vegetal atual do solo para as sub-bacias 1, 2 e 5 foi CA2 (0,8 - 0,99) e para a sub-bacia 3 e 4 foi CA3 (0,6 - 0,79), ou seja, quanto mais próximo a 1 (um) maior a proteção total do solo. A declividade média das sub-bacias ficou entre 9% e 20% (DM2), o que se caracterizou como sendo ondulado.

De acordo com os índices de erosividade para o Estado de Santa Catarina, as sub-bacias 1 e 2 apresentaram erosividade média com índice E2 (599,05 a 675,48 t/ha.mm/h) e as sub-bacias 3, 4 e 5 apresentaram erosividade forte, com índices E3 (675,49 a 751,91 t/ha.mm/h). A classificação do grau de potencial erosivo do solo foi realizada com base nas características físicas de cada tipo de solo, porcentagem de declividade e nas formas de uso e ocupação do solo e para todas as sub-bacias o potencial erosivo foi considerado médio.

A densidade de drenagem nas sub-bacias apresentou valores semelhantes, tendo uma qualificação considerada mediana e com seu respectivo índice DD2 (entre 0,5 - 2,00 km/km²). Quanto ao balanço hídrico, todas as sub-bacias apresentaram comportamentos semelhantes (BH3), ou seja, uma qualificação alta deste balanço sem deficiência hídrica e com excedente hídrico entre 750 e 1500 mm/ano.

A reta de deterioração física e a equação da reta estão ilustradas na Figura 4.

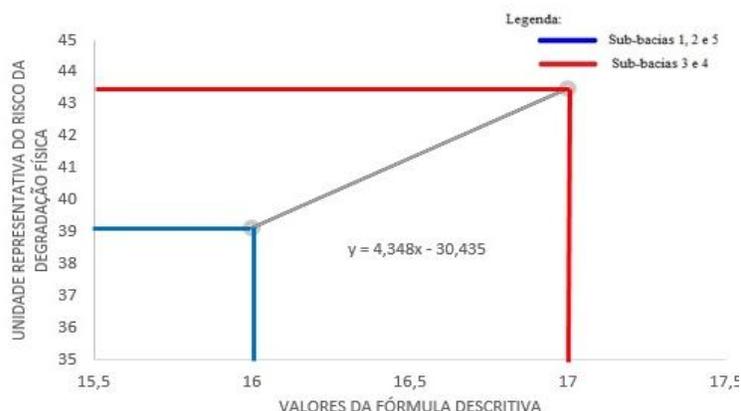


Figura 4 – Reta representativa da degradação física das sub-bacias.

O DSE, baseado nos indicadores municipais do senso do IBGE em 2013, indicou o panorama da situação em que se encontram as populações rural e urbana. Dois municípios apresentaram IDH alto e próximos entre si, que foram Curitiba (0,796) e Campos Novos (0,794) (

Tabela 4).

Tabela 4 - IDH das sub-bacias e índice relativo de deterioração. Fonte: os autores.

Sub-bacia	Ano	IDH	Deterioração (%)
1	2006	0,735	26,5
2	2006	0,746	25,4
3	2010	0,796	20,4
4	2006	0,733	26,7
5	2010	0,765	23,5

A cidade que se destacou em longevidade no período de 1970 a 2000 foi Curitiba. Ponte Alta do Norte registrou o maior PIB per capita (aproximadamente R\$18.847,59), conforme o IBGE em 2006.

Os critérios de escolha para os parâmetros tiveram como base a ocupação humana nas cidades que abrangem a bacia, pressupondo-se que, quanto maior a urbanização, maior a tendência em ocorrer degradação ambiental. Assim sendo, e considerando que o IDH varia entre 0 e 1, atribuiu-se a 0 (zero) uma degradação de 100% e 1 (um) 0% de degradação.

$$\begin{aligned} x = 0; y = 100 \\ x = 1; y = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Equação 1: } y &= ax + b \\ y &= a \cdot 0 + 100 \\ y &= 100 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Equação 2: } y &= ax + b \\ 0 &= a \cdot 1 + 100 \\ a &= -100 \end{aligned}$$

A reta de deterioração sócio-econômica e a equação da reta estão ilustradas na Figura 5.

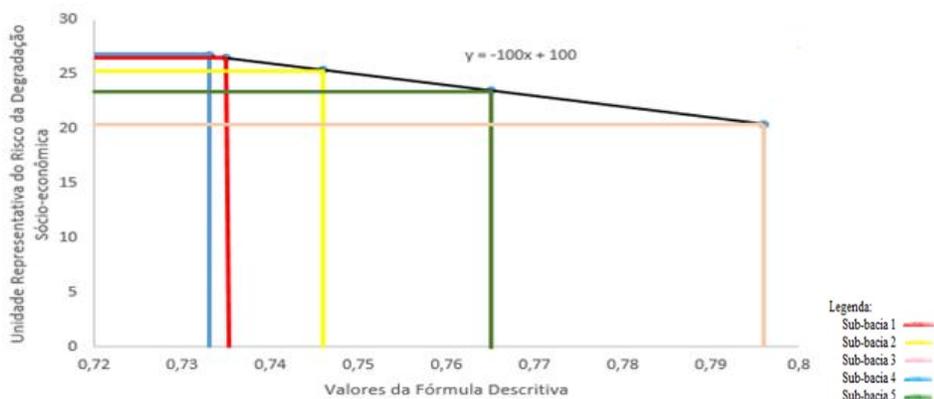


Figura 5 - Reta representativa de degradação sócio-econômica das sub-bacias do Setor 2 da bacia do rio Canoas.

Para o diagnóstico ambiental, os pontos críticos de cada sub-bacia foram considerados em uma análise preliminar dos elementos poluentes classificados entre os valores de código máximo e mínimo (Tabela 5). O código 1 (um) representa o valor mínimo, já mais próximo ou igual ao código número 2 (dois), indica o valor máximo de degradação.

Tabela 5 - Principais elementos que geram degradação ambiental e seus respectivos códigos de nível de degradação. Fonte: os autores.

Elementos Poluentes	Sub-bacia				
	1	2	3	4	5
Estocagem de Defensivos Agrícolas	1,3	1,2	1,3	1,0	1,2
Depósito de Embalagens de Agrotóxicos	1,0	1,0	1,2	1,0	1,0
Locais de lavagens de implementos com agrotóxico	1,6	1,7	1,7	1,4	1,3
Pedreiras	1,0	1,0	1,2	1,1	1,3
Minas	1,1	1,3	1,0	1,0	1,0
Lixeiras	1,5	1,5	1,4	1,3	1,4
Exploração de areias	1,1	1,0	1,2	1,3	1,2
Pocilgas	1,3	1,2	1,1	1,3	1,1
Aviários	1,0	1,0	1,2	1,1	1,2

Elementos Poluentes	Sub-bacia				
	1	2	3	4	5
Matadouros	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0
Estradas rurais detoradas	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Erosões marcantes	1,6	1,3	1,6	1,4	1,4
Exploração de madeiras	2,0	1,8	2,0	1,8	1,8
Esgotos	2,0	2,0	2,0	1,8	2,0
Depósito de pneus	1,0	1,0	1,2	1,2	1,0
Queimadas	2,0	2,0	1,7	1,8	1,8
Poluição química	1,0	1,2	1,2	1,0	1,0
Aplicação de agrotóxicos	1,7	1,6	1,7	1,8	1,6
Acidentes com derivados de petróleo e produtos químicos	1,0	1,2	1,2	1,0	1,0
Bombas de recalque d'água em rios	2,0	1,8	1,8	2,0	2,0
Outros	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
TOTAL	28,4	29,2	29,7	26,6	29,3

Para a obtenção da reta de deterioração ambiental, os valores máximos e mínimos da somatória da degradação ambiental são 21 e 42, respectivamente.

$$\begin{aligned} 21a + b &= 0 \\ 42a + b &= 0 \end{aligned} \quad b = -\frac{63}{2}a \quad a = 4,76 \text{ e } b = -99,96$$

Logo, a equação da reta (Figura 6) define-se como $y = 4,76x - 99,96$. O resultado do grau de deterioração ambiental das sub-bacias encontra-se na Tabela 6.

Tabela 6 - Grau de deterioração ambiental das sub-bacia do Setor 2 da bacia do rio Canoas. Fonte: os autores.

Sub-bacia	Ano	Total	Deterioração (%)
1	2006	28,4	35,2
2	2006	29,2	39,0
3	2010	29,7	41,4
4	2006	26,5	26,1
5	2010	29,3	39,5

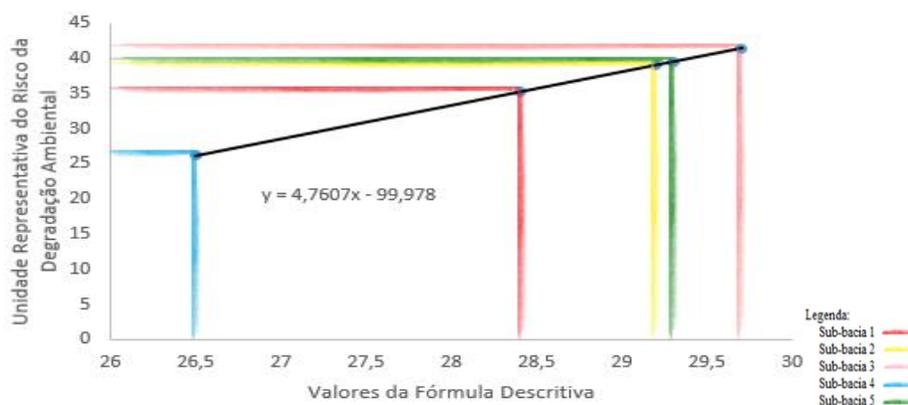


Figura 6 - Reta representativa de risco de degradação ambiental das sub-bacias do Setor 2 da bacia do rio Canoas.

O DA aponta que a sub-bacia 4 é a que apresenta menor risco de degradação ambiental e a sub-bacia 3 a de maior risco.

A Tabela 7 apresenta o resultado final dos diagnósticos e a consolidação dos mesmos na Deterioração da Ambiência nas cinco sub-bacias estudadas.

Tabela 7 – Resultado dos Diagnósticos Físico-Conservacionista (DFC), Sócio-Econômico (DSE) e Ambiental (DSA) e Deterioração de Ambiência (DA) das sub-bacias do Setor 2 da bacia do Rio Canoas. Fonte: os autores.

Sub-bacia	Diagnósticos			Deterioração da Ambiência
	DFC	DSE	DA	
1	39,1	26,5	35,2	33,6
2	39,1	25,4	39,0	34,5
3	43,5	20,4	41,4	35,1
4	43,5	26,7	26,2	32,1
5	39,1	23,5	39,5	34,0

A sub-bacia 3 apresentou os maiores índices do DFC e DA, colocando-a em primeiro lugar em termos de riscos a qualidade ambiental. Conta a seu favor, o fato de possuir o menor DSE, o que pode contribuir com a efetividade das ações de gestão da bacia hidrográfica. Esta sub-bacia deve ser priorizada quanto a elaboração de planos de gerenciamento por apresentar um maior nível de deterioração em relação as demais. Outro fator para a priorização desta sub-bacia é sua área, menor que as demais, o que facilitaria a aplicação do plano e a obtenção e destinação de recursos financeiros, humanos e materiais visando sua implementação.

A sub-bacia 4 aponta um DFC semelhante à sub-bacia 3, porém o indicador DA é significativamente menor. Isso pode ser explicado por esta área ser ocupada mais por reflorestamentos do que por agricultura, o que implica em menores aportes de agroquímicos ao meio ambiente.

Todas as sub-bacias do Setor 2 apresentaram deterioração da ambiência superior a 30%, o que significa que a área de estudo apresenta influencia antrópica expressiva. Indica-se rever o plano e projetos a cada 2 anos ou quando este índice ultrapassa 10%, com a finalidade de minimizar os impactos gerados, bem como monitorar a área.

A metodologia apresentada neste trabalho mostra-se viável no sentido de apresentar dados objetivos, capazes de serem obtidos em fontes secundárias, de baixo custo. Outro aspecto relevante é a possibilidade de se obter um diagnóstico do sistema que ocupa uma área significativa, com uma diversidade morfológica, ambiental, social e econômica.

A partir das conclusões deste estudo é possível estabelecer um plano de gerenciamento das sub-bacias, que considere suas peculiaridades, proponha programas, trace objetivos e estabeleça metas a serem alcançadas ao longo do tempo. Os programas e ações do plano de gerenciamento da bacia hidrográfica devem visar à melhoria da qualidade de vida, buscando respeitar as limitações dos ecossistemas e recursos naturais das áreas definidas como prioridades. Programas de extensão rural (FERRETTI, 2003) ou projetos que visem à recuperação ambiental da área, podem fornecer indicativos para a racionalização do uso e manejo dos recursos naturais da bacia.

A implementação de um plano desta natureza deverá envolver o poder público e a sociedade organizada, como associações, organizações não governamentais e comitês de bacias. O monitoramento das métricas de desempenho indicará a evolução do processo de gestão, a necessidade de correção de rumos ou até mesmo de revisão do plano.

CONCLUSÃO

Este trabalho determinou o grau de deterioração ambiental do Setor 2, levantou informações relevantes na escala 1:100.000 e discutiu os principais problemas.

A análise morfológica mostrou que a estratégia de sub-dividir o Setor 2 em sub-bacias provou-se correta, na medida em que produziu zonas geomorfológicas semelhantes entre si e distintas do setor global.

Tanto os parâmetros geomorfológicos como os indicadores do DFC apontam que a sub-bacia 3 é a que apresenta maior sensibilidade hidrológica e maior nível de deterioração, o que a prioriza na aplicação de planos de gerenciamento e na destinação de recursos.

A metodologia apresentada neste trabalho mostra-se viável no sentido de apresentar dados objetivos, capazes de serem obtidos em fontes secundárias, de baixo custo. Outro aspecto relevante é a possibilidade de se obter um diagnóstico do sistema que ocupa uma área significativa, com uma diversidade morfológica, ambiental, social e econômica.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Beltrame, A. V. Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 1994.
2. Carvalho, S. M. O diagnóstico físico-conservacionista –dfc como subsídio à gestão ambiental da bacia hidrográfica do Rio Quebra-Perna, Ponta Grossa – PR. Tese (Doutorado em Geografia - UNESP). Presidente Prudente, 2004. 183p.
3. Das Neves, E. H. Análise da degradação ambiental da bacia hidrográfica do Arroio Pelotas-RS, através do diagnóstico físico-conservacionista (DFC). Dissertação (Mestrado em Geografia). Porto Alegre, 2012. 158p.
4. EMBRAPA. Avaliação da aptidão agrícola das terras: proposta metodológica. Jaguariúna - SP, 2004. Disponível em: http://www.cnpma.embrapa.br/download/documentos_43.pdf.
5. EPAGRI/CIRAM. Centro de informações de recursos ambientais e de hidrometeorologia de Santa Catarina-. Mapas digitais de Santa Catarina. Disponível em: < <http://ciram.epagri.sc.gov.br/mapoteca/>>. Acesso em: 14 de abril de 2015.
6. Fernandes, M. R. & Silva, J. C. Programa Estadual de Manejo de Sub-Bacias Hidrográficas: Fundamentos e estratégias - Belo Horizonte: EMATERMG.1994. 24p.
7. Ferreti, E. R. Diagnóstico físico-conservacionista: instrumento para o plano de bacias hidrográficas - uma aplicação na bacia do Rio Tagaçaba, Município de Guaraqueçaba, PR. 2003. 183f. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.
8. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Manual Técnico de Uso da Terra. 3. Ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. Disponível em < ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/manuais_tecnicos/manual_uso_da_terra.pdf>. Acesso em 23 de abril de 2015.
9. Mota, S. preservação e conservação de recursos hídricos. Rio de Janeiro: ABES, 1995.
10. Pimenta, H. V.; Ragel Filho, A. L.; Lima, J. C. A. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991. Documento digital.
11. Rafaeli Neto, S. L.. Análises morfométricas em bacias hidrográficas integradas a um sistema de informações geográficas. Curitiba, 1994. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Geociências, Universidade Federal do Paraná.
12. SANTA CATARINA, Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável - SDS. Disponível em <<http://www.sds.sc.gov.br/>>. Acesso em 23 de abril de 2015.
13. Silva M. K. A; Brito J.L.S.; Rosa, R. Mapeamento do uso do solo no município de Pedrinópolis – MG. In: Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto; 2005; Goiânia, Brasil. INPE; 2005. p. 285-291.
14. SIRHESC. Santa Catarina. Sistema de informações de recursos hídricos do estado de Santa Catarina. Secretaria do Desenvolvimento Econômico e Sustentável. Disponível em <<http://www.aguas.sc.gov.br/>> Acesso em: 24 de abril de 2015.
15. Yassuda, E. R. Gestão de recursos hídricos: fundamentos e aspectos institucionais. *Revista de Administração Pública*, v.27, n.2, p.5-18, 1993.