

Avaliação ambiental das Bacias Hidrográficas do Rio da Madre e Rio D'Una SC

Environmental Evaluation in Madre River and D'Una River Watersheds, Santa Catarina

Prof. MSc. Paola Beatriz May Rebollar¹
Thauana da Silveira Dutra²
Magda Centeio dos Santos³
Mariana Dutra Vieira⁴

¹ paola.rebollar@gmail.com

² thauana_dutra@hotmail.com

³ mag_magdolia@hotmail.com

⁴ mari_dutra16@hotmail.com

RESUMO : A avaliação de bacias hidrográficas pode auxiliar no controle da qualidade ambiental. O objetivo deste trabalho foi aplicar um método de avaliação ambiental nas bacias do rio da Madre e D'Una, localizadas na região litoral-centro de Santa Catarina, entre 2009 e 2010. Este método comprehende a aplicação de indicadores visuais, para estimar o grau de impactos ambientais; e parâmetros físico-químicos para verificar a qualidade da água. Os pontos amostrais foram selecionados visando abranger a variabilidade de uso e ocupação do solo. As bacias estudadas apresentam impactos ambientais provocados pela presença de moradias adensadas e produção agrícola. Os principais problemas verificados foram a alteração da cobertura vegetal original; a redução de oxigênio dissolvido e aumento da turbidez em pontos específicos dos rios que compõem as bacias estudadas. A modificação da cobertura vegetal pode reduzir a qualidade ambiental e levar a perda de biodiversidade. Os parâmetros oxigênio dissolvido e turbidez apresentam padrões legais que não estão sendo totalmente respeitados. As informações obtidas por indicadores visuais e físico-químicos podem ser utilizadas no planejamento ambiental. As avaliações ambientais que utilizam a bacia hidrográfica como unidade de análise apresentam potencial para apoiar de forma eficiente a intervenção e a gestão de recursos naturais.

PALAVRAS-CHAVE. Avaliação Ambiental. Bacia Hidrográfica. Rizicultura.

Abstract : The evaluation of rivers affected for agricultural activities in watersheds can help to control environmental quality. This paper focus to apply an environmental evaluation method in Madre River and D'Una River watersheds in center Coast of Santa Catarina State, since 2009 to 2010. Then, visual indicators, and physical-chemical parameters provide information about impacts relevance and water quality. For this, selection of survey places considers the range of watershed land uses. The studied watersheds showed environmental impacts related to land use for living homes and agricultural activities. Main problems were changes on forest cover; dissolved oxygen reduction, and increases on suspended solids in specific points of studied rivers. Changes on forest cover could reduce environmental quality and cause biodiversity loss. Dissolved oxygen and suspended solids presents legal targets that are not respected in whole watersheds. Visual and physical-chemical indicators can be used on environmental planning. Environmental evaluation that uses watersheds like unit of analysis presents potential to support natural resources management and intervention.

Key Words. Environmental Evaluation. Watersheds. Rice Cropping.

1. Introdução

A busca pelo uso equilibrado dos recursos naturais está presente em diferentes discussões, leis e acordos nacionais e internacionais. Em 1972, na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, foi criado o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), cujo objetivo é apresentar diretrizes para as atividades de proteção ambiental no mundo. Em 1983, a Assembléia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU) criou a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD) como espaço para busca de estratégias para desenvolvimento sustentável. Em 1992, no Rio de Janeiro, 178 nações se reuniram e produziram novos documentos sobre temas ambientais, como a Agenda 21 (HOFMEISTER, 2001; SÁNCHEZ, 2006). Em 2009, outra reunião das Nações Unidas sobre temas ambientais em Copenhagen reafirmou a relevância de pesquisas e ações para controle da qualidade ambiental (CHAO, 2010).

Estes documentos evidenciam a necessidade de estratégias para controlar a qualidade ambiental e integrar necessidades econômicas e ecológicas. Uma destas estratégias é a avaliação ambiental. Segundo Sánchez (2006), avaliação ambiental “é o conjunto de procedimentos concatenados de maneira lógica, com a finalidade de analisar a viabilidade ambiental de projetos, planos e programas, e fundamentar uma decisão a respeito”. Estas avaliações são essencialmente práticas e englobam aspectos físico-químicos, biológicos e humanos. Com estas técnicas é possível compreender as ações que geram impactos adversos ao ambiente local. Medidas relacionadas com estas ações podem ajudar a reduzir a importância dos impactos, controlando a qualidade ambiental (SÁNCHEZ, 2006; TAUK-TORNISIELO et al, 1995).

Em muitos países, as avaliações ambientais são obrigatórias para diferentes atividades econômicas. No Brasil, a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei Federal 6938/1981) destacou a necessidade de controlar os impactos relacionados a empreendimentos, obras ou intervenções humanas que possam afetar a qualidade ambiental. Esta mesma lei criou o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) que estabeleceu diretrizes para realização de avaliações ambientais. Inicialmente, estas avaliações eram obrigatórias apenas para obras de engenharia. Hoje, são aplicadas nas mais diversas atividades econômicas (SÁNCHEZ, 2006; TAUK-TORNISIELO et al, 1995).

A agricultura é uma atividade econômica que pode alterar o ambiente e também demanda avaliações. No Brasil, o espaço rural é responsável por 2/3 do PIB nacional. As áreas rurais brasileiras apresentam uma situação complexa. De um lado, produzem alimentos e são capazes de gerar outros benefícios às sociedades, como a produção de serviços ambientais ou ecossistêmicos (CONSTANZA et al, 1997; ODUM, 1989). Por outro lado, esta atividade apresenta alto potencial de degradação. A falta de planejamento quanto ao uso dos recursos naturais (água, solo, flora, fauna) pode gerar impactos ambientais negativos, tais como contaminação de rios, alterações climáticas e perda de biodiversidade (BRYAN e CROSSMAN, 2008; SÁNCHEZ, 2006).

Segundo a legislação brasileira, a avaliação ambiental na agricultura é obrigatória para atividades pontuais, tais como pomares, reflorestamentos, projetos de irrigação e criação de animais em confinamento (CONAMA, 1986; CONSEMA, 2008). No entanto, a unidade de planejamento e gestão de atividades agrícolas não é a propriedade individual, mas a bacia hidrográfica, conforme a Política Agrícola Nacional (BRASIL, 1991). A bacia também aparece como unidade de planejamento na Política Nacional de Recursos Hídricos que propõe a composição local de comitês de bacia hidrográfica para o planejamento do uso dos recursos naturais (BRASIL, 1997). Dessa forma, avaliar estas unidades geográficas é relevante segundo o modelo de planejamento ambiental brasileiro.

Bacia hidrográfica ou de drenagem pode ser definida como a área de terra delimitada por divisores naturais no relevo, que capta as águas provenientes do subterrâneo ou de precipitações e as conduz para um mesmo rio (LANNA, 1995). Forma um sistema hidrológico delimitado, no qual todas as formas de vida estão vinculadas à água e ao solo. Neste tipo de sistema natural, as alterações provocadas pelos diferentes usos do solo afetam a qualidade da água (AMARAL e SILVA, 2010; CARRERA-FERNANDEZ, 2002; KING et al, 2005; LANNA et al, 2002; LANNA, 1995).

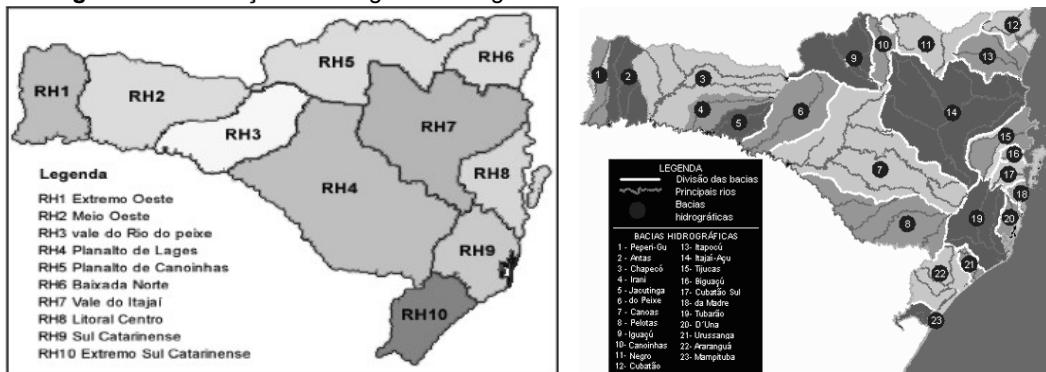
Assim, a análise dos recursos hídricos pertencentes a uma bacia hidrográfica permite avaliar a qualidade ambiental local. Diversas pesquisas sobre a qualidade da água em áreas rurais já foram desenvolvidas (MERTEN e MINELLA, 2002; ROCHA et al, 2006). No entanto, pesquisas sobre métodos de avaliação ambiental cuja unidade de estudo é bacia hidrográfica recebem menos atenção (SALLES et al, 2008). Diante disso, este trabalho visou aplicar um método de avaliação ambiental nas bacias do rio da Madre e rio D'Una, localizadas na região litoral-centro de Santa Catarina, entre 2009 e 2010.

2. Materiais e Métodos

2.3. Descrição da área de pesquisa

Foram estudadas duas bacias hidrográficas: do rio da Madre, localizada na região hidrográfica litoral-centro (RH8); e a bacia do rio D'Una, localizada na região hidrográfica sul-catarinense (RH9). A figura 1 mostra a localização das regiões e bacias hidrográficas estudadas.

Figura 1. Localização das Regiões Hidrográficas e Bacias do Rio da Madre e Rio D'Una



Fonte: <http://www.caminhodasaguas.ufsc.br/mapabacias.gif>
http://www.casan.com.br/img_conteudos/Bacias%20de%20SC.gif

Segundo a Portaria Estadual 24/1979, que enquadra os cursos de água de Santa Catarina e os classifica segundo seu uso, os rios da Madre, D'Una e seus afluentes são classificados como Classe I desde as nascentes até a foz. Os rios enquadrados nesta categoria são aqueles destinados ao abastecimento doméstico sem tratamento prévio ou com simples desinfecção.

O clima da região, segundo a classificação de Koeppen, é mesotérmico úmido com verões quentes (Cfa). As bacias estudadas estão situadas entre a Unidade Geomorfológica Serra do Tabuleiro e planície litorânea. Originalmente a região apresentava cobertura vegetal predominantemente herbácea e arbustiva, típica de áreas de mangue, dunas e restinga. Atualmente, esta vegetação está descaracterizada e é comum a presença de floresta secundária sem palmeiras e agricultura de culturas anuais (EPAGRI/CIRAM, 1999).

A bacia hidrográfica do rio da Madre possui aproximadamente 375 km² de área e reúne, aproximadamente, 14.300 habitantes. Seu rio principal demarca a divisa dos municípios de Palhoça e Paulo Lopes. Esta bacia é predominantemente rural e as principais atividades agrícolas são desenvolvidas ao longo dos cursos de água que a compõem (FATMA, 2002). A bacia do rio da Madre não possui comitê gestor de bacia ou planos de gestão dos seus recursos naturais.

Suas nascentes estão situadas no interior do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro (PEST) e apresentam boas condições de preservação. Entretanto, as partes mais baixas da bacia correm risco de degradação ambiental devido à ocupação através de residências e atividades agropecuárias. Seus principais afluentes da margem norte são: rio do Furado e rio da Sulana. Os afluentes da margem sul são: Rio das Cachoeiras, rio Cuiabá e rio da Lagoa (FATMA, 2002).



Figura 2. Pontos Amostrais na Bacia do Rio da Madre - Fonte: Google Earth, 2011.

Na bacia hidrográfica do rio da Madre foram amostrados 16 pontos durante o outono, inverno e primavera de 2009. Estes pontos estão localizados em 5 rios: Cachoeira, Cuiabá, Furado, Sulana e Madre. A figura 2 apresenta a localização dos pontos amostrais selecionados para coleta de dados nesta bacia.

A bacia hidrográfica do rio D'Una possui uma área de aproximadamente 544 km². Esta bacia abrange cinco municípios da região sul catarinense: Imaruí, Imbituba, Paulo Lopes, São Martinho e Garopaba. Esta bacia também é predominantemente rural e as atividades agrícolas são desenvolvidas ao longo de seus cursos de água (FATMA, 2002). A bacia do rio D'Una é gerenciada pelo Comitê das Bacias Hidrográficas do Rio Tubarão e Complexo Lagunar. Este comitê foi criado em 1996 e é vinculado ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH).

O rio D'Una nasce na Serra do Capivari à 940 metros de altitude no PEST no município de Paulo Lopes com a denominação de rio Espraiado. Percorre cerca de 60 km até sua foz desembocar na Lagoa do Mirim. Seus principais afluentes são os rios Cachoeira dos Inácios, rio Forquilhas, riacho Ana Mathias, rio Araçatuba e rio Chicão (EPAGRI/CIRAM, 1999).

Nesta bacia as informações foram coletadas em 7 pontos ao longo do outono, inverno e primavera de 2010. A figura 3 apresenta os pontos amostrais definidos para esta bacia.

Figura 3. Pontos Amostrais na Bacia do Rio D'Una.



Fonte: Google Earth, 2011.

Os pontos amostrais selecionados em cada bacia estudada foram situados na margem dos rios e principais afluentes. A localização dos pontos amostrais buscou abranger a diversidade de usos do solo. Assim, foram estabelecidos pontos a jusante e a montante dos diferentes usos identificados em cada bacia estudada. As áreas próximas as nascentes dentro do PEST não foram amostradas.

2.2. Métodos de Coleta e Análise

Para estimar a qualidade ambiental nas bacias hidrográficas estudadas foram utilizados indicadores visuais que apresentam baixo custo e são de fácil aplicação e entendimento. Os indicadores escolhidos foram: Cobertura Vegetal no Entorno, Erosão no Entorno, Fauna no Entorno, Uso do Solo, Lixo no Entorno, Acesso e Saneamento (SALLES et al, 2008). Cada indicador apresentava quatro cenários possíveis com pesos entre 0 e 3. Estes indicadores, seus cenários e respectivos pesos estão descritos na tabela 1.

Tabela 1. Indicadores de Sustentabilidade Visuais, Cenários e Pesos.

Cobertura Vegetal no Entorno	
Sem Vegetação	3
Vegetação Rasteira	2
Vegetação Arbustiva	1
Vegetação Arbórea	0
Fauna no Entorno	
Ausência de Animais Nativos	3
Pouca Presença de Animais Nativos	2
Moderada Presença de Animais Nativos	1
Grande Presença de Animais Nativos	0
Lixo no Entorno	
Muito Lixo	3
Pouco Lixo	2
Lixo em Latões	1

Sem Lixo	0
Saneamento	
Deposição nos Cursos D'água	3
Dejetos e Urina de Animais	2
Fossas Sépticas	1
Sem Geração de Efluentes	0
Acesso	
Estrada de Terra Danificada	3
Estrada de Terra Conservada	2
Estrada Calça	1
Estrada Asfaltada	0
Erosão no Entorno	
Voçoroca	3
Desbarrancamentos de margens	2
Perda de solo por escoamento superficial	1
Sem erosão	0
Uso do solo	
Cultura Anual/Residências	3
Pastagens	2
Plantio de Árvores Exóticas	1
Floresta Nativa	0

Fonte: Adaptado de Salles *et al.*, 2008.

Os pesos atribuídos a cada indicador foram somados em cada ponto. Este somatório estima a incidência de impactos ambientais negativos. Os diferentes níveis de impacto possíveis estão indicados na tabela 2.

Tabela 2. Nível de impacto a partir dos indicadores de sustentabilidade visuais.

Somatório	Nível de Impacto
0 – 6	Pouca presença de impactos (P)
7 – 11	Moderada presença de impactos (M)
12 – 17	Alta/ preocupante presença de impactos (A)
18 – 21	Muito alta presença de impactos (MA)

Fonte: Adaptado de Salles *et al.*, 2008.

Para verificar a qualidade da água das bacias hidrográficas estudadas foram selecionados 7 indicadores físico-químicos: Potencial Hidrogeniônico (Ph), Turbidez (em unidades nefelométricas - UNT), Oxigênio Dissolvido (OD – mg/L), Temperatura da Água (graus Celsius); Fosfato (mg/L), Nitrato (mg/L), e Nitrogênio Amoniacal (mg/L). Estes parâmetros foram selecionados a partir de Carr e Rickwood (2008).

Algumas análises foram realizadas *in-situ* (Ph, Turbidez, OD, Temperatura da Água e do Ar). Outras informações foram obtidas em laboratório (Fosfato, Nitrato, Nitrogênio Amoniacal). Estas análises foram feitas utilizando espectrofotômetro UV-VIS através de leituras das amostras em duplicatas. Após a leitura da absorbância foram construídas curvas analíticas para determinação da concentração de substâncias presente nas amostras.

Os resultados obtidos a partir destes indicadores foram comparados com limites estabelecidos pela legislação brasileira (SANTA CATARINA, 1979; BRASIL, 2005). Os Indicadores Físico-Químicos, suas unidades de medida e os padrões de comparação estão sistematizados na tabela 3.

Tabela 3. Indicadores físico-químicos, suas unidades de medida e os padrões de comparação

Indicador	Unidade de medida	Padrão Legal (Rios Classe I)
Potencial Hidrogeniônico – Ph		entre 6,0 e 9,0
Oxigênio Dissolvido – OD	mg/l	superior a 6,0
Turbidez	UNT	até 40
Fosfato	mg/l	até 0,1
Nitrato	mg/l	até 10,0
Nitrogênio Amoniacal	mg/l	até 3,7 mg/L

3. Resultados

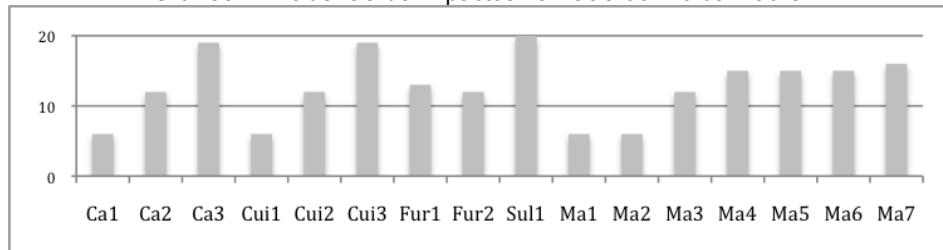
3.1. Avaliação Ambiental na Bacia do Rio da Madre

Os indicadores visuais aplicados nestes rios apontaram 3 áreas com muito alta (MA) presença de impactos. Nestes pontos, vegetação rasteira relacionada com pastagens ou cultivos de arroz se estende até as margens dos rios. A ausência de mata ciliar favoreceu desbarrancamentos. Verificou-se também a existência de lixo e pouca presença de animais nativos.

A maior parte dos pontos apontou alta (A) presença de impactos nesta bacia. O uso do solo para atividades agrícolas, tais como pecuária e rizicultura, e para ocupação urbana promoveu fortes alterações ambientais. Além disso, a ausência de áreas de preservação permanente (APP), como as matas ciliares pode promover processos erosivos.

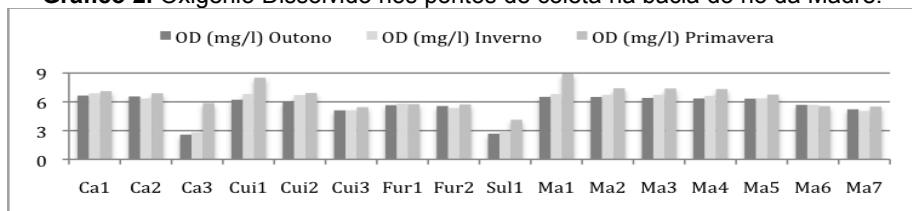
As áreas com melhores condições ambientais foram representadas por 3 pontos amostrais com pouca (P) presença de impactos. Estes pontos estavam situados nas partes mais altas da bacia, nos limites da ocupação. Nestes locais foi possível observar a presença de animais silvestres (principalmente aves e roedores), vegetação nativa arbórea e ausência de lixo. Havia poucos sinais visíveis de erosão mesmo em áreas próximas a moradias. Apesar das transformações promovidas pelo uso do solo, estes pontos apresentavam boas condições ambientais. Estas informações podem ser analisadas no gráfico 1.

Gráfico 1. Incidência de Impactos na Bacia do Rio da Madre.



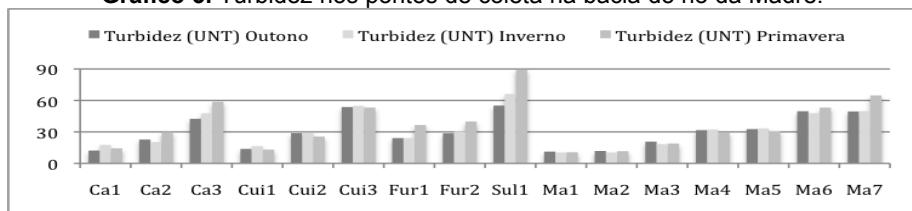
Os parâmetros físico-químicos como *pH*, *Fosfato*, *Nitrato* e *Nitrogênio Amoniacal* ficaram dentro dos limites especificados pela legislação vigente em todos os pontos amostrais desta bacia. No que se refere ao *OD* e a *Turbidez* os pontos mais próximos as nascentes apresentaram os melhores resultados mantendo-se nos padrões legais para rios Classe I. Já nos pontos localizados próximos a áreas de moradias adensadas e cultivos de arroz foram verificados valores diferentes daqueles indicados na legislação brasileira. O gráfico 2 demonstra os resultados de *OD* para esta bacia.

Gráfico 2. Oxigênio Dissolvido nos pontos de coleta na bacia do rio da Madre.



O gráfico 3 mostra os valores obtidos para o parâmetro *Turbidez* nos pontos analisados na bacia do rio da Madre.

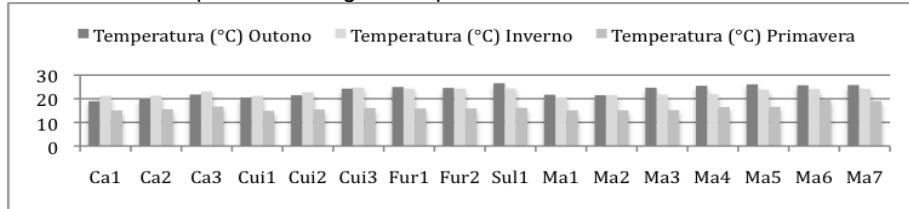
Gráfico 3. Turbidez nos pontos de coleta na bacia do rio da Madre.



A variação da *Temperatura da Água* na bacia do rio da Madre foi coerente com as estações do ano. As variações ao longo do curso do rio foram lineares, ou seja, a temperatura da água foi aumentando à medida que as águas se afastavam das nascentes. Este aumento também coincide com a substituição das matas ciliares por pastagens, cultivos de arroz ou residências que expõem as águas à ação do sol. As

variações neste parâmetro podem ser observadas no gráfico 4.

Gráfico 4. Temperatura da Água nos pontos de coleta na bacia do rio da Madre.



A bacia do rio da Madre apresenta diversos usos do solo. De forma geral, as áreas próximas as nascentes apresentam cobertura vegetal em diferentes estágios de regeneração natural. Ao longo dos cursos dos rios existem pontos com moradias esparsas e pastagens para criação de bovinos. Nas porções médias dos rios estão localizadas as quadras de arroz e atividades de extração de areia. Nos pontos finais nos rios da Madre e Cuiabá existem moradias concentradas.

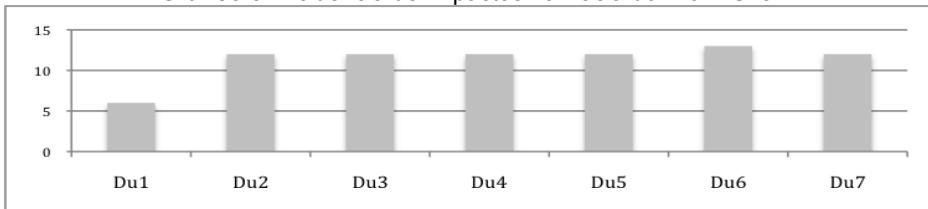
Os pontos com maior incidência de impactos também foram aqueles que apresentaram alguns parâmetros de qualidade da água em desacordo com os padrões legais brasileiros para rios classe I. O ponto analisado no rio da Sulana, em área de produção de arroz, apresentou as piores condições ambientais nesta bacia. O rio Furado e os pontos a jusante nos rios Cachoeira, Cuiabá e Madre, ocupados com moradias adensadas e rizicultura também ofereceram informações preocupantes quanto a qualidade ambiental nesta bacia. Já os pontos mais próximos as nascentes nestes 3 rios apresentam boas condições.

A tabela 4 (v. anexo) apresenta todos os resultados dos indicadores aplicados nos pontos amostrais desta bacia hidrográfica.

3.2. Avaliação Ambiental na Bacia do Rio D'Una

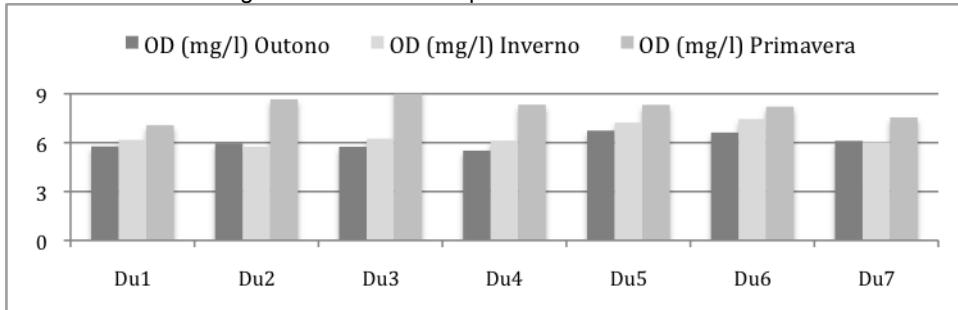
Dos 7 pontos amostrados na bacia do Rio D'Una, 6 apresentaram alta (A) presença de impactos devido ao uso do solo para rizicultura que alterou as áreas mais baixas desta bacia hidrográfica. A ausência de APP nas margens do rio pode promover processos erosivos. Além disso, foi observada pouca presença de animais nativos. Apenas 1 dos pontos amostrais apontou pouca (P) presença de impactos. O gráfico 5 mostra estes resultados.

Gráfico 5. Incidência de Impactos na Bacia do Rio D'Una.



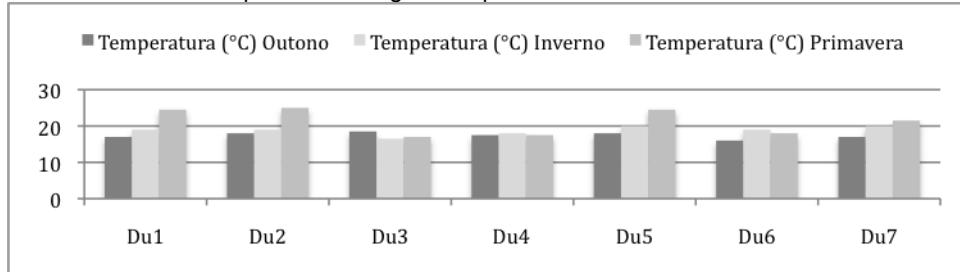
Os parâmetros físico-químicos como *pH*, *Turbidez*, *Fosfato*, *Nitrato* e *Nitrogênio Amoniacal* ficaram dentro dos limites especificados pela legislação vigente em todos os pontos amostrais desta bacia. Quanto ao *OD* os pontos mais próximos às nascentes apresentaram os melhores resultados em todas as coletas permanecendo dentro dos padrões legais para rios Classe I. Já nos pontos mais distantes das nascentes foram obtidos valores diferentes daqueles indicados na legislação brasileira nas coletas de outono e inverno. Mas mantiveram-se nos padrões na coleta de primavera. O gráfico 6 mostra os resultados deste parâmetro.

Gráfico 6. Oxigênio Dissolvido nos pontos de coleta na bacia do rio D'Una



A variação da *Temperatura da Água* na bacia do rio D'Una também foi coerente com as estações do ano. As variações ao longo do curso do rio foram lineares. O gráfico 7 apresenta os resultados deste parâmetro.

Gráfico 7. Temperatura da Água nos pontos de coleta na bacia do rio D'Una



A porção estudada da bacia do rio D'Una apresenta predomínio de rizicultura. A tabela 5 (v. Anexo) apresenta os resultados dos indicadores de sustentabilidade nesta bacia hidrográfica.

4. Discussão

As estimativas de incidência de impactos obtidas a partir de indicadores visuais apontaram o *uso do solo* e a *alteração da cobertura vegetal* como os piores aspectos ambientais nas bacias estudadas. Os usos do solo predominantes nas bacias estudadas estão relacionados com atividades agropecuárias (pastagens e culturas anuais). Também podem ser citados os pequenos adensamentos de moradias que não contam com tratamento de seus efluentes líquidos. Estes resultados também foram encontrados por Salles et al (2008) para a bacia do Alto Sorocaba, no estado de São Paulo. Nesta área, o uso do solo também é variado, mas os impactos negativos estão associados, principalmente, a ocupação urbana e o lançamento de efluentes sem tratamento.

Muitos autores apontam a alteração da cobertura vegetal de uma área como fator de redução de qualidade ambiental (CONSTANZA et al, 1997; KING et al, 2005; ODUM, 1989; SALLES et al, 2008). As duas bacias hidrográficas estudadas sofreram fortes alterações em sua composição florística original. Relatos de viajantes do século XVIII apontam a existência de florestas na região. Estes relatos citam algumas espécies presentes, tais como canela sassafrás (*Ocotea odorifera*) e peroba (*Aspidosperma olivaceum*) que apontam avançado estágio de sucessão natural (HARO, 1996; KLEIN, 1978; MELLO, 2005). Historicamente, as atividades agropecuárias e as moradias adensadas nesta área foram incompatíveis com a existência de florestas. Com o desenvolvimento da região, as áreas florestadas foram substituídas por cultivos, moradias e estradas, especialmente nas áreas mais baixas e planas das bacias hidrográficas.

Os dados dos parâmetros físico-químicos indicaram a presença de alterações ambientais nas mesmas áreas apontados pelos indicadores visuais nas bacias estudadas. Nesta pesquisa, não foi utilizado um índice único para verificar a qualidade de água. Existem muitos parâmetros físicos, químicos e biológicos que podem ser utilizados como indicadores de qualidade de água. Diversos estudos buscaram estabelecer quais parâmetros podem ser agregados para composição de um índice para avaliação e monitoramento de recursos hídricos. Muitas pesquisas utilizam medidas de *pH*, *OD*, *Nitrogênio*, *Fósforo*, *Temperatura* e *Condutividade* para compor um índice (CARR e RICKWOOD, 2008; LIOU et al., 2004; PESCE e WUNDERLIN, 2000; STAMBUK-GILJANOVIC, 2003). Nesta pesquisa, a condutividade não foi verificada.

Um dos indicadores que apresentaram valores em desacordo com os padrões esperados segundo a legislação brasileira foi o *OD*. Este parâmetro pode ser utilizado para identificar alterações ambientais que podem ser provocadas por material orgânico (Couceiro et al, 2007; Dyer et al, 2003). Couceiro et al (2007) apontam também a relação entre *OD* e abundância de espécies de macroinvertebrados. Estas comunidades aquáticas são formadas por organismos que apresentam adaptações evolutivas a determinadas condições ambientais e apresentam limites de tolerância a alterações conhecidos. A avaliação de comunidades biológicas pode refletir a integridade ecológica de ecossistemas (Goulart e Callisto, 2003).

Na bacia do rio da Madre, dois pontos apresentaram valores próximos a 3mg/l em áreas de rizicultura e de ocupação urbana, muito abaixo dos padrões legais em quase todas as coletas. Outros pontos desta bacia e também do rio D'Una apresentaram valores inferiores, mas bastante próximos dos limites, aproximadamente 5,7mg/l de O_2 . Alterações deste tipo também foram encontradas na bacia do rio

Sorocaba no estado de São Paulo devido à presença de aglomerações urbanas próximas aos rios (Salles et al, 2008). Já Silva e Pereira Filho (2010) verificaram um forte redução do *OD* após a utilização das águas na rizicultura. A falta de *OD* nas áreas de cultivo pode ocorrer pela presença de matéria orgânica em solos alagados onde a difusão de gases é prejudicada (BHARATI et al, 2001).

Turbidez foi outro parâmetro que apresentou valores diferentes dos limites legais brasileiros para rios Classe I. Nos rios, o aumento da turbidez é provocado pela presença de substâncias em suspensão que podem ser orgânicas e inorgânicas. O aumento destes materiais particulados pode reduzir a penetração da luz. As pesquisas de Silva e Pereira Filho (2010) e Molozzi et al. (2006) verificaram um aumento deste parâmetro na devolução de águas utilizadas pela rizicultura. Estes autores atribuem este fenômeno às práticas de manejo do solo empregadas para o preparo de áreas para o plantio que resultam em movimentações e exposição do solo facilitando o carreamento de partículas pela ação da chuva. Além disso, maior disponibilidade de nutrientes, derivados de fertilizantes agrícolas ou de efluentes domésticos, pode favorecer o desenvolvimento de fitoplâncton e algas que também pode alterar o parâmetro turbidez (SILVA e PEREIRA FILHO, 2010).

Alguns rios estudados apresentaram aumento de temperatura ao longo do seu curso ou em locais específicos. A temperatura é um parâmetro relevante para avaliação de qualidade de água. Elevações moderadas de temperatura podem trazer benefícios porque agem como subsídios que aumentam a produtividade primária dos ecossistemas aquáticos. No entanto, elevações prolongadas ou cargas térmicas crescentes podem prejudicar os ecossistemas aquáticos: a) aumentando a suscetibilidade dos organismos à substâncias tóxicas; b) eliminando organismos estenotérmicos; c) substituindo as comunidades de algas por cianofícias; d) aumentando a necessidade de oxigênio dos animais e reduzindo a disponibilidade desta substância na água (CARR e RICKWOOD, 2008; ODUM, 1989).

Estabelecer padrões para temperatura é difícil devido às variações de clima e estação do ano. A temperatura da água não é um bom parâmetro para se determinar um impacto negativo porque é muito suscetível a processos naturais e sazonais (AZRINA et al, 2006; BALDIGO e LAWRENCE, 2000; IBARRA et al, 2005). Este parâmetro pode ser considerado definitivo apenas quando suas medidas são realizadas em pontos de descarte.

Nesta pesquisa, os indicadores estimaram a qualidade ambiental através da observação do entorno e de análise da qualidade da água. As bacias do rio da Madre e D'Una são heterogêneas porque apresentam diversos usos do solo com níveis de impactos ambiental diferentes. Apenas alguns pontos estudados apresentaram poucos impactos. É importante destacar que as áreas mais conservadas destas bacias não foram amostradas e se localizam no interior da uma unidade de conservação, o PEST. A maior parte dos locais verificados mostra diversos impactos causados pelas atividades humanas. No entanto, apenas em poucos destes pontos pode ser verificada baixa qualidade ambiental. Estes resultados são coerentes com aqueles obtidos por Salles et al (2008) e Marten e Minella (2002).

Todas estas informações obtidas por indicadores visuais e físico-químicos pretendem permitir a avaliação das bacias e apoiar o planejamento e a gestão ambiental. As avaliações ambientais que utilizam a bacia hidrográfica como unidade de avaliação apresentam potencial para apoiar de forma eficiente o planejamento, a intervenção e gestão do uso dos recursos naturais (BRYAN e CROSSMAN, 2008; KING et al, 2005; LANNA et al, 2002; SALLES et al, 2008).

5. Considerações Finais

Os principais resultados desta pesquisa apontam redução na qualidade ambiental nas bacias do rio da Madre e rio D'Una devido a atividades humanas. Os principais problemas encontrados foram:

- Alteração da *cobertura vegetal* original - a floresta Atlântica foi substituída por áreas de moradia e produção agrícola nas porções mais baixas e planas das bacias hidrográficas;
- Redução do *OD* em pontos específicos dos rios que compõem as bacias estudadas;
- Aumento da *turbidez* em determinados locais dos cursos de água analisados.

Estes resultados destacam a incidência de impactos nas bacias estudadas. No entanto, devido a sua presença pontual também demonstram que tais impactos ainda não são irreversíveis. Ações relativamente simples, como o cumprimento da legislação, projetos de educação ambiental e estratégias para evitar o depósito de efluentes líquidos nos rios podem alterar o quadro atual, melhorando a qualidade das áreas estudadas.

A partir destes resultados é possível verificar que o manejo das águas e da biodiversidade merece atenção na gestão de bacias hidrográficas no litoral central de Santa Catarina. O monitoramento da qualidade ambiental de bacias é uma responsabilidade que deve ser compartilhada pelos poderes públicos (federal, estadual e municipal) e sociedade civil (moradores, instituições de pesquisa e organizações não-governamentais).

A solução de problemas complexos, como a gestão de bacias hidrográficas heterogênea, requer

novas abordagens. Estes problemas envolvem dados que são coletados utilizando métodos de diferentes áreas do conhecimento científico. A integração destes métodos implica em abordagens multidisciplinares.

6 Referências

- AMARAL, J. A. A.; SILVA, A. M. Ajustes de metodologia de ensino para atividades de educação ambiental considerando a unidade espacial bacia hidrográfica. **Revista de Estudos Ambientais**, v.12, n. 1, p. 6-14, 2010.
- AZRINA, M.Z.; YAP, C.K.; ISMAIL, A. R.; ISMAIL, A.; TAN, S.G. Anthropogenic impacts on the distribution and biodiversity of benthic macroinvertebrates and water quality of the Langat River, Peninsular Malaysia. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, vol. 64, p. 337-347, 2006.
- BALDIGO, B.P.; LAWRENCE, G.B. Composition of fish communities in relation to stream acidification in the Neversink River, New York. **Transactions of the American Fisheries Society**, vol. 129, p. 60-76, 2000.
- BHARATI et al. Influence of flooded and non-flooded conditions on methane efflux from two soils planted to rice. **Chemosphere – Global Change Science**, Oxford, v.3, n1. p.25-32, 2001.
- BRASIL. **Lei Federal 9433 de 08 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm. Acessado em 01 jun 2011.
- BRASIL. **Lei Federal 8171 de 17 de janeiro de 1991**. Dispõe sobre a política agrícola. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8171.htm. Acessado em 01 jun 2011.
- BRASIL. **Lei Federal 6938 de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm. Acessado em 01 jun 2011.
- BRYAN, B.A.; CROSSMAN, N.D. Systematic regional planning for multiple objective natural resource management. **Journal of Environmental Management**, vol.88, p. 1175-1189, 2008.
- CARR, G.M.; RICKWOOD, C.J. **Water Quality Index for Biodiversity Technical Development Document**. Cambridge, Reino Unido: World Conservation Monitoring Center, 2008.
- CARRERA-FERNANDEZ, J. **Economia dos recursos hídricos**. Salvador: Edufba, 2002. 458 p.
- CHAO, Q. Post-Copenhagen Challenges of Climate Change to China. **Global Review**, vol.2, p.122-124, 2010.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução 01 de 23 de janeiro de 1986**. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res0186.html>. Acessado em 01 jun 2011.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução 357 de 17 de março de 2005**. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acessado em 01 jun 2011.
- CONSEMA. Conselho Estadual do Meio Ambiente. **Resolução 03 de 25 de março de 2008**. Disponível em http://www.famcri.sc.gov.br/legislacao/resol_consema_2008_3.pdf. Acessado em 01 jun 2011.
- COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; GROOT, R. D.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; NAEEM, S.; LIMBURG, K.; PARUELO, J.; O'NEILL, R. V.; RASKIN, R.; SUTTON, P.; BELT, M. V. D.. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, vol. 387, p. 253-260, 1997.
- COUCEIRO, S.R.M.; HAMADA, N.; LUZ, S.L.B.; FORSBERG, B.R.; PIMENTEL, T. P. Deforestation and sewage effects on aquatic macroinvertebrates in urban streams in Manaus, Amazonas, Brazil. **Hydrobiologia**, vol. 575, p. 271-284.
- DYER, S.D.; PENG, C.; MCAVOY, D.C.; FENDINGER, N.J.; MASSCHELEYN, P.; CASTILLO, L.V.; LIM, J.M.U. The influence of untreated wastewater to aquatic communities in the Balatuin River, The Philippines. **Chemosphere**, vol. 52, p. 43-53, 2003.
- EPAGRI/CIRAM - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. **Zoneamento Agroecológico e Socioeconômico**. Florianópolis: Epagri, 1999.
- FATMA - Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina. **Diagnóstico dos Meios Físicos e Biótico do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro**: produto básico do zoneamento. Florianópolis: FATMA, 2002.

GOULART, M.; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da Fapam**, vol. 1, n. 2, p. 1-22, 2003.

HARO, M.A.P. de (org.). **Ilha de Santa Catarina**, relatos de viajantes estrangeiros nos séculos XVIII e XIX. Florianópolis: UFSC/Lunardelli, 1996.

HOFMEISTER, W. **Rio + 10 = Joanesburgo**: rumo ao Desenvolvimento Sustentável. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, 2001.

IBARRA, A.G.; DAUBA, F.; LIM, P. Influence of non-point source pollution on riverine fish assemblages in south west France. **Ecotoxicology**, vol. 32, p. 573-588, 2005.

KLEIN, R. M. **Mapa fitogeográfico de Santa Catarina**. Florianópolis: FATMA, 1978.

KING, R. S.; BAKER, M. E.; WHIGHAM, D. F.; WELLER, D. E.; JORDAN, T. E.; KAZYAK, P. F.; HURD, M. K. Spatial considerations for linking watershed land cover to ecological indicators in streams. **Ecological Applications**, vol. 15, n.1, p.137-153, 2005.

LANNA, A. E. L; PEREIRA, J.S.; HUBERT, G. Os novos instrumentos de planejamento do sistema francês de gestão de recursos hídricos: reflexões e propostas para o Brasil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, vol.7, n. 2, p. 109-120, 2002.

LANNA, A. E. L. **Gerenciamento de bacia hidrográfica**: aspectos conceituais e metodológicos. Brasilia: IBAMA, 1995.

LIOU, S.M.; LO, S.L.; WANG, S.H. A generalised water quality index for Taiwan. **Environmental Monitoring and Assessment**, vol. 96, p. 35-32, 2004.

MELLO, A.D. **Expedições e Crônicas das Origens**: Santa Catarina na era dos descobrimentos. Florianópolis: Expressão, 2005.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, vol.3, n.4, p.45-52, 2002.

MOLOZZI, J., PINHEIRO, A., SILVA, M.R. Qualidade da água em diferentes estágios do desenvolvimento do arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, vol. 41, n. 9, p.1393-1398, 2006.

ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1983.

PESCE, S.F.; WUNDERLIN, D.A. Use of water quality indices to verify the impact of Cordoba City (Argentina) on Suquia River. **Water Research**, vol. 34, p. 2915- 2926, 2000.

ROCHA, C.M.B.M.; RODRIGUES, L.S.; COSTA, C.C.; OLIVEIRA, P.R.; SILVA, I.J.; JESUS, E.F.M.; ROLIM, R.G. Avaliação da qualidade da água e percepção higiênico-sanitária na área rural de Lavras, Minas Gerais, Brasil, 1999-2000. **Cadernos de Saúde Pública**, vol.22, n.9, p. 1967-1978, 2006.

SALLES, M.H.D.; CONCEIÇÃO, F.T.; ANGELUCCI, V.A.; SIA, R.; PEDRAZZI, F.J.M.; CARRA, T.A.; MONTEIRO, G.F.; SARDINHA, D.S.; NAVARRO, G.R.B. Avaliação simplificada de impactos ambientais na bacia do Alto Sorocaba (SP). **Revista de Estudos Ambientais**, v.10, n. 1, p. 6-20, 2008.

SÁNCHEZ, L.E. **Avaliação de Impacto Ambiental**: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SILVA, D. D. C.; PEREIRA FILHO, J. Qualidade química da água em função de seu uso na rizicultura irrigada na região do baixo estuário do rio Itajaí. **Revista de Estudos Ambientais**, vol. 12, n. 2, p. 26-37, 2010.

STAMBUK-GILJANOVIC, N. Comparison of Dalmatian water evaluation indices. **Water Environment Research**, vol. 75, n. 5, p. 388-405, 2003.

TAUK-TORNISIELO, S. M.; GOBBI, N.; FOWLER, H. G. **Análise ambiental: uma visão multidisciplinar**. São Paulo: Ed. UNESP, 1995.

Anexo

Tabela 4. Resultados dos Indicadores de Sustentabilidade na Bacia do Rio da Madre

Ponto	Impacto	pH			OD (mg/l)			Turbidez (UNT)			Fosfato (mg/l)			Nitrato (mg/l)			Nitrogênio Amoniacial			Temperatura (°C)		
		O	I	P	O	I	P	O	I	P	O	I	P	O	I	P	O	I	P	O	I	P
Ca1	06 (P)	6,58	6,91	6,91	6,65	6,88	7,11	12,2	17,6	14,3	0,01	0,01	0,01	0,5	0,6	0,8	0,3	0,4	0,4	19,0	21,2	15,1
Ca2	12 (A)	6,55	6,83	6,89	6,56	6,35	6,89	22,7	20,3	29,9	0,05	0,04	0,05	1,3	1,4	1,7	0,8	0,4	0,5	19,7	21,3	15,6
Ca3	19 (MA)	6,49	6,79	6,79	2,58	2,81	5,86	42,5	47,8	58,8	0,08	0,08	0,08	3,5	3,6	3,9	3,4	2,4	1,9	21,8	23,1	16,7
Cui1	06 (P)	6,85	6,83	6,94	6,22	6,81	8,52	13,8	16,5	13,1	0,01	0,02	0,01	0,4	0,6	0,9	0,2	0,3	0,4	20,5	21,2	14,9
Cui2	12 (A)	6,61	6,76	6,73	6,02	6,7	6,92	28,8	29,1	25,6	0,04	0,05	0,04	1,2	1,8	2,1	1,1	0,5	0,5	21,5	22,7	15,5
Cui3	19 (MA)	6,58	6,13	7,51	5,11	5,11	5,44	53,7	54,8	53,2	0,09	0,09	0,08	3,5	3,9	4,1	2,7	2,2	2,1	24,3	24,7	16,1
Fur1	13 (A)	6,32	6,13	6,32	5,65	5,81	5,76	24,1	24,1	36,6	0,07	0,08	0,08	1,4	1,9	2,1	2,2	1,3	1,9	25,0	24,3	15,9
Fur2	12 (A)	6,35	6,12	6,21	5,56	5,35	5,73	28,7	30,3	39,9	0,07	0,08	0,08	1,5	1,7	1,9	2,4	1,5	1,9	24,6	24,3	15,9
Sul1	20 (MA)	6,00	6,11	6,41	2,68	2,91	4,13	55,1	66,2	89,8	0,09	0,09	0,09	4,5	5,5	6,5	3,6	2,9	3,2	26,6	24,3	16,2
Ma1	06 (P)	6,86	6,96	6,43	6,52	6,81	8,93	11,2	10,4	10,6	0,01	0,01	0,02	0,3	0,8	0,7	0,3	0,4	0,3	21,7	20,6	15,1
Ma2	06 (P)	6,73	6,75	6,52	6,51	6,72	7,41	11,8	10,4	11,6	0,01	0,01	0,02	0,3	1,1	1,7	0,3	0,7	0,4	21,5	21,6	15,1
Ma3	12 (A)	6,35	6,51	6,41	6,41	6,72	7,39	20,7	18,3	18,9	0,06	0,03	0,03	1,1	1,7	2,3	0,9	0,8	0,8	24,7	21,7	15,2
Ma4	15 (A)	6,22	6,01	6,48	6,35	6,62	7,33	31,7	32,3	29,8	0,08	0,08	0,07	4,2	3,2	3,2	2,1	2,2	1,9	25,5	22,0	16,5
Ma5	15 (A)	6,53	6,05	6,25	6,33	6,35	6,75	32,7	33,3	30,6	0,08	0,08	0,08	4,2	4,2	3,2	2,2	2,2	2,1	26,1	23,9	16,6
Ma6	15 (A)	7,43	6,53	7,06	5,68	5,68	5,55	49,7	47,8	53,2	0,08	0,08	0,08	4,6	4,8	3,8	2,8	2,9	2,7	25,7	24,1	19,6
Ma7	16 (A)	7,51	6,54	7,07	5,22	5,04	5,51	49,5	49,8	64,8	0,08	0,08	0,08	4,6	4,9	3,9	3,2	2,9	2,8	25,8	24,2	19,1

Legenda: O (outono); I (inverno); P (primavera)

Tabela 5. Resultados dos Indicadores de Sustentabilidade na Bacia do Rio D'Una

Ponto	Impacto	pH			OD (mg/l)			Turbidez (UNT)			Fosfato (mg/l)			Nitrato (mg/l)			Nitrogênio Amoniacial			Temperatura (°C)		
		O	I	P	O	I	P	O	I	P	O	I	P	O	I	P	O	I	P	O	I	P
Du1	06 (P)	6,73	6,56	6,11	5,77	6,17	7,07	9,9	9,7	11,2	0,07	0,02	0,09	0,5	1,1	0,0	3,4	0,4	1,3	17,0	19,0	24,5
Du2	12 (A)	6,82	6,53	6,51	5,96	5,75	8,66	22,7	10,3	29,9	0,06	0,02	0,08	1,3	1,5	0,3	1,1	0,4	1,8	18,0	19,0	25,0
Du3	12 (A)	7,14	6,62	6,42	5,75	6,24	9,22	21,5	29,8	34,8	0,02	0,01	0,08	3,5	1,0	0,5	1,4	0,4	1,0	18,5	16,5	17,0
Du4	12 (A)	6,53	6,62	6,54	5,51	6,12	8,33	13,8	26,5	34,6	0,05	0,00	0,06	2,3	0,5	0,6	1,2	0,3	0,9	17,5	18,0	17,5
Du5	12 (A)	6,56	6,74	6,25	6,74	7,23	8,32	28,8	26,0	26,8	0,04	0,00	0,06	0,3	1,7	1,1	0,7	0,5	0,6	18,0	20,0	24,5
Du6	13 (A)	6,55	6,72	6,24	6,62	7,45	8,21	27,7	24,8	23,2	0,04	0,02	0,06	3,5	1,2	1,3	0,7	0,5	0,9	16,0	19,0	18,0
Du7	12 (A)	6,57	6,73	6,31	6,11	6,03	7,55	24,0	24,2	13,6	0,01	0,01	0,10	1,0	1,0	1,8	0,3	0,3	0,2	17,0	20,0	21,5

Legenda: O (outono); I (inverno); P (primavera)