



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO

Thais Melissa Macedo de Vasconcelos

**UTILIZAÇÃO DO SIG NA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS DE
FAVORABILIDADE PARA AQUICULTURA NO RESERVATÓRIO DA USINA
HIDRELÉTRICA DE CANA BRAVA**

Brasília, DF

2013

Thaís Melissa Macedo de Vasconcelos

**UTILIZAÇÃO DO SIG NA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS DE
FAVORABILIDADE PARA AQUICULTURA NO RESERVATÓRIO DA USINA
HIDRELÉTRICA DE CANA BRAVA**

Trabalho de conclusão de curso de Especialização apresentado ao Instituto de Geociências da Universidade de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do grau de Especialista em Geoprocessamento.

Orientador: Marilusa Pinto Coelho Lacerda

Brasília, DF

2013

FICHA CATALOGRÁFICA

Thais Melissa Macedo de Vasconcelos

“Utilização do SIG na identificação de áreas de favorabilidade para aquicultura no reservatório da Usina Hidrelétrica de Cana Brava”/ Thais Melissa Macedo de Vasconcelos; a. – Brasília 2013 - 79 p.

Monografia de Especialização (E) – Universidade de Brasília / Instituto de Geociências, 2013.

Cessão de direitos

Nome do Autor: THAIS MELISSA MACEDO DE VASCONCELOS

Título da Monografia de Conclusão de Curso:

“Utilização do SIG na identificação de áreas de favorabilidade para aquicultura no reservatório da Usina Hidrelétrica de Cana Brava”

Ano: 2013

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia de especialização e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

THAIS MELISSA MACEDO DE VASCONCELOS.

CPF: 007.621.891-00

CNB 03, Lote 12

CEP: 72115-035 Taguatinga Norte -DF, Brasil.

Telefones (61) 81303686

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**“UTILIZAÇÃO DO SIG NA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS DE
FAVORABILIDADE PARA AQUICULTURA NO RESERVATÓRIO DA USINA
HIDRELÉTRICA DE CANA BRAVA”**

THAIS MELISSA MACEDO DE VASCONCELOS

Matrícula – 13/0042218

**Monografia de graduação apresentada ao Instituto de Geociências da
Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para obtenção do
título em de Especialista em Geoprocessamento.**

APROVADA EM BRASÍLIA, ___ DE _____ DE 2013 POR:

Dedico este trabalho primeiramente à Deus, à minha família
e aos amigos que sempre me apoiaram.

Agradecimentos

Primeiramente, à Deus, autor e consumidor da minha fé, ao qual devo tudo o que sou e o que tenho.

Aos meus pais Ademir Mendonça de Vasconcelos e Sônalý Macedo de Vasconcelos pelo apoio, incentivo e amor dedicados todos esses anos.

À toda minha família, em especial às minhas avós Valdemira Macedo de Andrade e Josefa Mendonça de Vasconcelos, minhas primas Emily Monike e Cendy Williana pelos momentos de descontração e alegria compartilhados e pelas palavras de conforto nas horas difíceis.

Aos colegas de trabalho do Ministério da Pesca e Aquicultura.

À minha orientadora Marilusa Pinto Coelho Lacerda pelo conhecimento compartilhado e disposição em ensinar.

Aos professores do Instituto de Geociências pelo entusiasmo demonstrado em sala de aula e dedicação em ensinar.

Aos técnicos do Instituto de Geociências, pelo apoio demonstrado.

Resumo

Um dos setores alimentícios de maior expansão no mundo é o de produção de pescados. Isso ocorre, em especial no Brasil, devido à disponibilidade hídrica do país, que tem potencial de tornar-se um dos maiores produtores do mundo, se esse potencial for bem administrado. No entanto, devido a essa grande disponibilidade de recursos, muitas vezes estes não são bem administrados, trazendo conseqüências, tanto produtivas quanto ao meio ambiente. Para que a atividade de aquicultura seja desenvolvida, são necessários estudos multidisciplinares, visando a integração dos fatores ambientais e socioeconômicos da região do entorno do local a ser utilizado. O objetivo deste trabalho foi realizar identificar regiões de favorabilidade ao desenvolvimento da atividade aquícola, observando-se fatores químicos e físicos, utilizando-se técnicas de geoprocessamento e SIG, como a análise multi-critério que efetua o cruzamento de informações espaciais, possibilitando a análise dinâmica. O método utilizado foi o método Booleano que resulta em classes, favorável e não favorável. O resultado final demonstrou que as regiões favoráveis ao desenvolvimento da atividade no reservatório em estudo foram a zona central e nordeste do reservatório.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVO.....	16
3. REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1. ASPECTOS GERAIS (AQUICULTURA).....	17
3.2. AQUICULTURA EM ÁGUAS DE DOMÍNIO DA UNIÃO	18
3.3. ZONEAMENTO AMBIENTAL.....	18
3.4. IMPACTOS AMBIENTAIS DA PISCICULTURA EM TANQUES-REDE	19
3.5. CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DE REGIÕES FAVORÁVEIS À AQUICULTURA	21
3.6. UTILIZAÇÃO DO SIG PARA A SELEÇÃO DE ÁREAS FAVORÁVEIS À AQUICULTURA 23	23
3.7. TÉCNICAS DE INFERÊNCIA GEOGRÁFICA	24
4. MÉTODOS DE OBTENÇÃO DOS DADOS	26
4.1. ELEMENTOS DISCUTIDOS.....	26
4.2. PH	26
4.3. DBO (DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO).....	27
4.4. TEMPERATURA.....	27
4.5. OXIGÊNIO DISSOLVIDO.....	29
4.6. NITRATO	30
4.7. NITRITO	30
4.8. SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (STD)	31
4.9. FÓSFORO TOTAL (PT).....	31
4.10. ORTOFOSFATO	32
4.11. CARACTERÍSTICAS DO RESERVATÓRIO	32
4.11.1. PROFUNDIDADE.....	33
4.11.2. ZONA DE DEPLEÇÃO DO RESERVATÓRIO.....	33
4.11.3. ÁREAS DE OCORRÊNCIA DE PALITEIROS	33
4.11.4. ÁREAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL	34
5. LOCALIZAÇÃO.....	36
5.1. BACIA HIDROGRÁFICA	36
5.2. CORPO HÍDRICO	36
5.3. SUB-REGIÃO HIDROGRÁFICA	37
6. MATERIAL E METODOLOGIA.....	39
6.1. METODOLOGIA DE OBTENÇÃO DOS DADOS FÍSICO-QUÍMICOS.....	39
6.2. ATIVIDADES PRELIMINARES DE GEOPROCESSAMENTO.....	39

	10
6.2.1. PADRONIZAÇÃO DO SISTEMA DE REFERÊNCIA	40
6.2.2. CRIAÇÃO DE UM BANCO DE DADOS	40
6.2.3. TRANSFORMAÇÃO DOS MAPAS.....	40
6.2.4. CLASSIFICAÇÃO DOS MAPAS	40
6.2.4.1. GERAÇÃO DOS MAPAS A SEREM UTILIZADOS	41
6.2.4.2. MAPA DE PH	41
6.2.4.3. MAPA DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD).....	42
6.2.4.4. MAPA DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO).....	43
6.2.4.5. MAPA DE NITRATO	44
6.2.4.6. MAPA DE FOSFORO TOTAL	45
6.2.4.7. MAPA DE NITRITO	46
6.2.4.8. MAPA DE ORTOFOSFATOS	47
6.2.4.9. MAPA DE SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (STD)	48
6.2.4.10. MAPA DE TEMPERATURA	49
6.2.4.11. MAPA DE PROFUNDIDADE	50
6.2.5. CRUZAMENTOS	51
7. RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
7.1. CRUZAMENTOS PARÂMETROS QUÍMICOS.....	52
7.1.1. CRUZAMENTO – MAPA 1.....	52
7.1.2. CRUZAMENTO – MAPA 2.....	53
7.1.3. CRUZAMENTO – MAPA 3.....	53
7.1.4. CRUZAMENTO – MAPA 4.....	54
7.1.5. CRUZAMENTO – MAPA 5.....	54
7.1.6. CRUZAMENTO – MAPA 6.....	55
7.1.7. CRUZAMENTO – MAPA 7.....	55
7.2. CRUZAMENTO PARÂMETROS FÍSICOS	63
7.2.1. CRUZAMENTO – MAPA 8.....	63
7.3. CRUZAMENTO PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS	63
7.3.1. CRUZAMENTO FINAL	64
7.4. OUTROS FATORES DETERMINANTES	67
7.4.1. UNIDADES DE CONSERVAÇÃO	67
7.4.2. ZONA DE DEPLECIONAMENTO.....	67
7.4.3. ÁREAS DE PALITEIROS.....	67
8. CONCLUSÕES	71
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72

Lista de Tabelas

Tabela 1 Variáveis determinantes para o cultivo de peixes	41
Tabela 2 Valores de pH.....	41
Tabela 3 Valores de Oxigênio Dissolvido.....	42
Tabela 4 Valores de Demanda Bioquímica de Oxigênio	43
Tabela 5 Valores de Nitrato	44
Tabela 6 Valores de Fósforo Total.....	45
Tabela 7 Valores de Nitrito	46
Tabela 8 Valores de Ortofosfatos.....	47
Tabela 9 Valores de Sólidos Totais Dissolvidos.....	48
Tabela 10 Valores de Temperatura	49
Tabela 11 Valores de Profundidade	50

Lista de Figuras

Figura 1 Mapa de demonstração das regiões favoráveis e não favoráveis ao desenvolvimento da aquicultura na UHE de Cana Brava, de acordo com os valores de pH.	42
Figura 2 Mapa de demonstração das regiões favoráveis e não favoráveis ao desenvolvimento da aquicultura na UHE de Cana Brava, de acordo com os valores de OD.	43
Figura 3 Mapa de demonstração das regiões favoráveis e não favoráveis ao desenvolvimento da aquicultura na UHE de Cana Brava, de acordo com os valores de DBO.....	44
Figura 4 Mapa de demonstração das regiões favoráveis e não favoráveis ao desenvolvimento da aquicultura na UHE de Cana Brava, de acordo com os valores de Nitrato.....	45
Figura 5 Mapa de demonstração das regiões favoráveis e não favoráveis ao desenvolvimento da aquicultura na UHE de Cana Brava, de acordo com os valores de Fósforo Total.	46
Figura 6 Mapa de demonstração das regiões favoráveis e não favoráveis ao desenvolvimento da aquicultura na UHE de Cana Brava, de acordo com os valores de Nitrito.....	47
Figura 7 Mapa de demonstração das regiões favoráveis e não favoráveis ao desenvolvimento da aquicultura na UHE de Cana Brava, de acordo com os valores de Ortofosfatos.	48
Figura 8 Mapa de demonstração das regiões favoráveis e não favoráveis ao desenvolvimento da aquicultura na UHE de Cana Brava, de acordo com os valores de STD.....	49
Figura 9 Mapa de demonstração das regiões favoráveis e não favoráveis ao desenvolvimento da aquicultura na UHE de Cana Brava, de acordo com os valores de Temperatura.....	50
Figura 10 Mapa de demonstração das regiões favoráveis e não favoráveis ao desenvolvimento da aquicultura na UHE de Cana Brava, de acordo com os valores de profundidade.	51

Lista de Mapas

Mapa 13 Mapa de Localização.....	38
Mapa 1 Mapa Cruzamento 1 - pH x OD	56
Mapa 2 Mapa Cruzamento- pH x OD x DBO.....	57
Mapa 3 Mapa Cruzamento - pH x OD x DBO x Nitrato	58
Mapa 4 Cruzamento - pH x OD x DBO x Nitrato x PT	59
Mapa 5 Cruzamento - pH x OD x DBO x Nitrato x PT x Nitrito	60
Mapa 6Cruzamento - pH x OD x DBO x Nitrato x PT x Nitrito xOrtofosfatos	61
Mapa 7 Cruzamento - pH x OD x DBO x Nitrato x Fosfato x Nitrito x Ortofosfato x STD	62
Mapa 8 - Cruzamento Parâmetros Físicos - Temperatura x Profundidade	65
Mapa 9 Mapa Final de Favorabilidade - Parâmetros Físicos e Químicos	66
Mapa 10 Mapa de Unidades de Conservação	68
Mapa 11 Mapa de Zona de Deplecionamento.....	69
Mapa 12 Mapa de Áreas de Paliteiros.....	70

1. INTRODUÇÃO

Tendo em vista o crescente avanço da aquicultura em nosso país, a limnologia em piscicultura vem tomando um papel primordial, pois a qualidade da água influencia o crescimento e sobrevivência dos peixes. Desta forma, um estudo enfocando o cruzamento de informações e dados limnológicos, visando a identificação de áreas favoráveis à aquicultura é de suma importância, uma vez que pode indicar ou elucidar as relações básicas entre os fatores bióticos e abióticos deste ambiente, visando uma maior produtividade.

A composição química das águas naturais é bastante complexa em razão do grande número de íons dissolvidos e substâncias orgânicas dos processos geoquímicos e biológicos das bacias hidrográficas, bem como de influências antrópicas atmosféricas (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2008). Além disso, o balanço nutricional e de materiais nos ecossistemas aquáticos depende, também, das atividades dos organismos aquáticos (excreção, respiração, bioperturbação, etc.), além da ciclagem biogeoquímica que ocorre por meio da lixiviação de nutrientes durante a fase inicial de decomposição de tecidos vegetais e animais, assim como durante a mineralização dos tecidos mais recalcitrantes (WEZTEL, 1999; 1998; FINKLER FERREIRA, 2008). Logo, a qualidade da água em reservatórios reflete o efeito combinado de processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem no corpo hídrico, bem como na bacia de contribuição. Essas peculiaridades químicas e físicas de cada corpo d'água influenciarão diretamente o desenvolvimento e dominância das espécies.

Como a aquicultura depende fundamentalmente do estado trófico dos ecossistemas nos quais está inserida, a qualidade da água é essencial ao sucesso desta atividade. A deterioração da qualidade da água, além de causar uma diminuição no crescimento, ou mesmo morte dos peixes, pode torná-los susceptíveis à doenças, principalmente infecções por bactérias

Vários são os fatores que interferem na qualidade de água, entre eles, podemos citar a temperatura, oxigênio dissolvido, transparência, nitrato, nitrito, fósforo total, ortofosfato e sólidos totais dissolvidos. Esses fatores não atuam isoladamente, mas estão em constante interação. Sendo assim, estudos limnológicos são de fundamental importância, a fim de, garantir a qualidade da água e suas características em níveis próximos aos ótimos identificados para aquicultura (WEZTEL, 1999).

As técnicas do sistema de informação geográfica (SIG) são essenciais para realizar a combinação desses dados limnológicos, com o objetivo de analisar e descrever interações, para fazer previsões através de modelos.

Existem diferentes técnicas de análise geográfica e combinação destes dados multi-fonte. Os métodos mais comuns de inferência espacial para a integração dos dados são o método booleano, que gera dados em formato temático expressando a favorabilidade em polígonos que representam classes, e os métodos Média Ponderada, Fuzzy, Bayesiano e Inferência por Redes

Neurais, que geram dados em formato numérico sendo a favorabilidade expressa em forma numérica(PENDOCK E NEDELJKOVIC 1996).

A combinação desses dados permite uma redução na ambigüidade das interpretações que normalmente são obtidas através da análise individual dos dados (PENDOCK E NEDELJKOVIC 1996). Essa referida combinação de dados dará apoio à tomada de decisões na escolha de áreas favoráveis à aqüicultura de acordo com os parâmetros analisados.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho consiste na utilização do sistema de informação geográfica (SIG), por meio da combinação dos dados bioquímicos e físicos, na identificação de regiões de favorabilidade para o desenvolvimento da aquicultura no reservatório da Usina Hidrelétrica de Cana Brava, situado no estado de Goiás, e descrever e analisar as interações observadas, afim de, fornecer apoio nas decisões tomadas por especialistas.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. ASPECTOS GERAIS (AQUICULTURA)

A aquicultura ou aquacultura, como também pode ser chamada, torna-se a cada dia uma atividade mais importante para o setor econômico mundial. Mais de 50% dos peixes consumidos no mundo virão da Aquicultura, o que torna este um método crucial para reduzir a pobreza e combater a insegurança alimentar (Relatório FAO 2011). Além desse potencial de reduzir a pobreza por meio da geração de alimentos, uma das grandes preocupações mundiais, esta atividade tem se mostrado um meio eficiente de gerar renda e oportunidades de empregos. Ainda, a pesca extrativista estabilizou-se por ter atingido seu limite máximo sustentável, fazendo com que a produção proveniente da aquicultura seja muito mais significativa (Relatório FAO 2011). A diferença entre a pesca extrativista e a aquicultura, resumidamente, é que na pesca o produto é apenas extraído (retirado/capturado) do ambiente e vendido em seguida, o que a caracteriza como atividade extrativista, enquanto na aquicultura, primeiro o produto é “plantado” para crescer, “colhido” para vender, processo chamado de “cultivo” (Publicação EPAGRI – Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina – 2010-2011, Pg. 124 – Desempenho da Pesca e Aquicultura).

No Brasil a aquicultura vem despontando como atividade promissora, registrando um crescimento superior a média mundial, passando de 20,5 mil toneladas, em 1990, para 210 mil toneladas em 2001, correspondendo a uma receita de US\$ 830,3 milhões, apresentando crescimento de aproximadamente 825%. O Brasil que se encontrava na 36ª colocação entre os produtores aquícolas em 1990, passou a ocupar a 19ª posição em 2001 e a 13ª posição na geração de renda bruta. No ranking da América do Sul de 2001, o Brasil encontrava-se em segundo lugar, sendo superado apenas pelo Chile que apresenta uma produção três vezes superior com 631,6 mil toneladas (BORGHETTI, B. N. R. *et al.* 2003.). Em 2003, o Brasil se destacou no ranking mundial, alcançando o 6º lugar, com 90190 t, e em 1º lugar em termos de produtividade com 6084 kg/ha/ano. No nordeste, o camarão cultivado chegou à segunda posição das exportações do setor primário da economia da região (ROCHA I. P. 2007.).

Mencionando as espécies de sucesso em relação a produção no Brasil, podemos falar do camarão de água doce e da tilápia. A criação do camarão de água doce iniciou-se em Pernambuco na década de 70 (VALENTI, W. C. 1993; VALENTI, W. C. 1995; VALENTI, W. C. *et al.* 2000.) e atingiu a uma produção em torno de 500 t anuais (FAO 2002). Por sua vez a tilápia é uma espécie exótica que no final da década de 90 tornou-se o peixe mais cultivado no Brasil, correspondendo a 40% do volume da aquicultura nacional (ZIMMERMAN, S. 2004.).

O Brasil possui um extenso litoral e um grande volume de águas continentais, o que lhe confere um enorme potencial para o desenvolvimento da atividade aquícola o que lhe confere um enorme potencial para o desenvolvimento da atividade aquícola. Porém, para que seja concretizado é necessário que os benefícios socioeconômicos abranjam as diversas camadas sociais. Para isso, é necessário promover um ambiente propício para que se mantenha o crescimento do setor, atendendo as necessidades sociais de forma igualitária. Para tal, é necessário o empenho mútuo, da política, fiscalização ambiental e investimentos tanto público quanto privado(Relatório FAO 2010).

Alguns fatores como falta de ordenamento e carência de uma legislação apropriada em relação ao uso dos recursos naturais geram na maioria das vezes, conflitos entre os usuários destes. Invariavelmente, os menos influentes muitas das vezes perdem o acesso aos recursos e a atividade acaba não respeitando os limites do ambiente(SUBASINGHE, R.*et al.* 2009.).Tendo isso em vista, observa-se que a aquicultura necessita de políticas específicas para que possa crescer de forma sustentável e ordenada concomitante aos outros múltiplos usos do local, minimizando assim, os conflitos. Desta forma, é necessário que a interação da aquicultura com o ambiente seja considerada de uma forma ampla, incluindo não somente o meio aquático, mas também os aspectos sociais e econômicos(SOTO, D.*et al.* 2008).

3.2. AQUICULTURA EM ÁGUAS DE DOMÍNIO DA UNIÃO

O Ministério da Pesca e Aquicultura – MPA tem cedido áreas em águas da União afim de efetivar o potencial aquícola do país. Para tal, está instrumentado pelo decreto nº 4.895, de 25 de novembro de 2003(Brasil 2003) e regulamentado pela Instrução Normativa Interministerial (INI) nº 06, de 31 de maio de 2004(Brasil 2004). Esta cessão de áreas ocorre em conjunto com outros órgãos, como ANA, MARINHA e órgãos ambientais estaduais ou IBAMA. A área é entregue pela Secretaria de Patrimônio da União ao Ministério da Pesca e Aquicultura e a partir da entrega o Ministério segue com os procedimentos de cessão das áreas.

Existem as áreas aquícolas e os parques aquícolas. Áreas aquícolas são áreas demandadas espontaneamente onde um particular deseja desenvolver atividade aquícola. Já os parques aquícolas são espaços físicos contínuos em meio aquático, delimitados e compreendem um conjunto de áreas aquícolas (BRASIL 2010).Essa política de implantação de parques aquícolas tem sido a principal ferramenta do Ministério para efetivar o referido potencial aquícola brasileiro.

3.3. ZONEAMENTO AMBIENTAL

O zoneamento foi criado há mais de 20 anos e está inserido na Política Nacional de Meio Ambiente – Lei nº 6.938/81 – onde se constitui como um instrumento de gestão ambiental e entre os princípios que regem essa política estão as racionalizações do uso do solo, do subsolo, da água e do ar, o planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais, a proteção dos ecossistemas, com a preservação de áreas representativas, o controle das atividades potenciais e/ou poluidoras, a recuperação de áreas degradadas e a proteção de áreas ameaçadas de degradação (ABDALA, V. L. 2005).

O conceito de zoneamento está ligado principalmente a duas tradições de pensamento. Uma que diz que o planejamento agrícola sob a forma de zoneamentos agroecológicos ou agrícolas, é necessário para avaliar a aptidão dos solos e do clima de uma dada área para diversos tipos de cultura, ou para identificar as áreas mais adequadas para uma determinada cultura (NISTSCH 1998). A segunda tradição é que o zoneamento consiste em dividir o território em partes para se autorizar determinadas atividades ou se interdita, de modo absoluto ou relativo, o exercício de outras atividades (MACHADO 1992). Analisando-se o conceito das duas tradições percebe-se a aplicação maior para a área agrícola, porém, é perfeitamente viável e aplicável também a aquicultura.

Tendo em vista a aquicultura, nesse processo de zoneamento podem ser realizadas divisões e classificações da paisagem, baseadas em fatores ecológicos, econômicos e sociais; o cruzamento desses fatores irá identificar diferentes áreas paisagísticas com seus problemas específicos, que podem ser objetos de discussão. Essa geração de áreas paisagísticas com suas propriedades pode auxiliar e embasar a identificação de áreas favoráveis à aquicultura.

Na perspectiva moderna de gestão do território, toda ação de planejamento, ordenação ou monitoramento do espaço deve incluir a análise dos diferentes componentes do ambiente, incluindo o meio físico-biótico, a ocupação humana e seu inter-relacionamento (MEDEIROS & CÂMARA 2001). Desta forma grandes ferramentas a serem utilizadas no zoneamento ambiental são o sensoriamento remoto e o geoprocessamento, pois, permitem em curto intervalo de tempo a obtenção de uma grande quantidade de informações a respeito de registros de uso da terra (SANTOS *et al.* 1981).

Essas ferramentas, sensoriamento remoto e geoprocessamento, permitem o controle de variáveis espaciais, que seriam difíceis de serem manipuladas sem a utilização dessas técnicas (PEDROSA, E. C. T. *et al.* 2004).

3.4. IMPACTOS AMBIENTAIS DA PISCICULTURA EM TANQUES-REDE

Desde períodos remotos o homem é dependente dos rios e dos seus recursos pesqueiros. No entanto, esta interação com os ecossistemas aquáticos interiores leva a impactos sobre a vida local. Atualmente uma nova forma de interação entre o homem e os ecossistemas aquáticos, a

aquicultura em tanques-rede, está evoluindo. Neste contexto, tem-se de um lado, o homem extrativista, hoje representado pelo pescador artesanal que explora os recursos pesqueiros de forma integrada e pouco impactante e de outro, o piscicultor, teoricamente habilitado a manejar de maneira dinâmica, os recursos pesqueiros visando à produção de alimento de origem animal (RAMOS, I. P. *et al.* 2008)

Grande parte desta produção que visa a produção de alimentos de origem animal é obtida em águas continentais. Novas políticas públicas incentivam a substituição da pesca extrativista por atividades de aquicultura, que se expande, como já mencionado, nas grandes represas ou águas públicas abertas, sob o domínio da União (SEAP 2008).

Devido a grande expansão de construção de barramentos dos rios, com fins de formação de represas que são utilizadas pela aquicultura, observou-se que afetam severamente a hidrologia local, resultando na ocorrência de processos ecológicos “naturais”, assim grande parcela da biota local é prejudicada (AGOSTINHO *et al.* 2007). Entre os elementos da biota mais afetados estão os peixes, principalmente nos primeiros anos, pois são submetidos rapidamente às mudanças nos processos de mudanças de dimensões e concentração de sais e também em relação aos fluxos de matéria e energia (AGOSTINHO *et al.* 2007; AGOSTINHO *et al.* 1999), o que torna a pesca prejudicada.

A legislação ambiental, assim, previa a mitigação dos impactos ambientais devido aos barramentos dos rios, de algumas formas, e principalmente utilizando a aquicultura, fazendo a reprodução de peixes em cativeiro e a reposição dos estoques por meio de repovoamento. Assim, nos últimos anos registra-se um crescimento considerável na implantação de sistemas de pisciculturas em tanques-rede nas grandes represas brasileiras. Entretanto, seus impactos ou danos ao ecossistema aquático ainda não foram totalmente elucidados, requerendo ainda, estudos para uma melhor compreensão dos seus efeitos sobre a vida e qualidade de água. (AGOSTINHO *et al.* 2007; Ramos *et al.* 2008). No entanto, alguns efeitos ou impactos já foram mencionados pela literatura.

Um dos tipos de impacto é em relação à qualidade da água e eutrofização. Pois, um dos principais fatores que possibilitam a criação intensiva de organismos em sistemas de tanques-rede é sua estrutura física, que permite fluxo contínuo de água, aumentando a oxigenação, remoção da excretas e de outros resíduos metabólicos dos peixes, além de propiciar a retirada das sobras de alimento (BEVERIDGE 1996). No entanto, há a entrada contínua de matéria orgânica decorrente do arraçamento e saída de matéria representada pela conversão de biomassa do pescado (SIPAÚBA-TAVARES 1995). Devido a grande parte da matéria orgânica disponibilizada no ecossistema aquático não ser aproveitada pelos animais e efluentes, estes são disponibilizados no ecossistema gerando problemas como o aumento no grau de trofia da água, ou seja, aumento na concentração de nutrientes. Ainda, outros autores mencionam alteração ou o aumento na comunidade planctônica nos locais onde se desenvolve a aquicultura. Isso pode

levar a problemas na qualidade da água (HERMES-SILVA *et al.* 2004). Por esses fatores é tão importante o estudo e determinação da capacidade de suporte ambiental para os reservatórios a serem implantada esta atividade (CARVALHO *et al.* 2008b).

Outro fator que precisa ser levado em consideração, é a introdução de patógenos causando doenças parasitárias às espécies nativas. Isso ocorre devido a aquicultura ser considerada um dos principais meios de introdução de espécies exóticas em novos ecossistemas (WELCOMME 1988).

Ainda sim, este tipo de ação, piscicultura, com vista a produção de alimentos, possui outras questões que merecem aprofundamento e discussão. Portanto, estudos multidisciplinares e integrados sobre a qualidade de água, capacidade de suporte ambiental, fauna agregada e em relação aos aspectos zootécnicos e econômicos são pertinentes, visto que podem consolidar as informações, visando o ordenamento da atividade (AYROZA *et al.* 2006).

3.5. CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DE REGIÕES FAVORÁVEIS À AQUICULTURA

Para se tomar a decisão da implantação da atividade de aquicultura em determinado local ou região são necessários parâmetros a serem considerados. Há algumas ferramentas que utilizam apenas um parâmetro, um exemplo disso é a observação somente dos impactos ambientais (ERVIKET *al.* 1997), ou dos aspectos zootécnicos e econômicos (HARGRAVE 2002). No entanto, a abordagem ecossistêmica, ou seja, considerando tanto os aspectos ambientais como os aspectos sócio-econômicos, poderá apresentar resultados satisfatórios e sustentáveis (SUBASINGHEET *al.* 2009; AGUILAR-MANJARREZ *et al.* 2010).

Alguns fatores devem ser considerados para que a abordagem a ser feita seja ecossistêmica. Entre eles, as características do tipo de recurso hídrico a ser utilizado. É importante se ter em mente se é um lago natural, um reservatório ou um ambiente costeiro. Isso deve ser levado em consideração, uma vez que, cada tipo de recurso hídrico tem suas particularidades e características importantes para instalação da aquicultura.

Outro fator que influi diretamente na escolha do local a ser implantado o empreendimento aquícola é o uso e ocupação das terras do entorno. Devem ser observadas características como tipo de solo, tipo de uso agrícola, vegetação, etc. É importante observar as características ambientais, como topografia e temperatura.

Outros fatores determinantes para a instalação de aquicultura em determinada região são a existência de áreas protegidas, fontes de poluição e proximidade de centros urbanos. Esses fatores estão intimamente relacionados com as características limnológicas da água.

De acordo com Halide *et al.* (2009), a classificação e seleção de áreas favoráveis ao desenvolvimento da aquicultura deve considerar uma série de critérios socioeconômicos e ambientais.

Os principais critérios citados por esses autores são a observação da qualidade da água, mais especificamente do oxigênio, amônia e turbidez; qualidade do substrato, focando em textura do sedimento, potencial de oxirredução e porcentagem de matéria orgânica; hidrometeorologia, velocidade de correntes, altura de ondas e profundidade; socioeconômicos, levando em consideração a distância de pontos de escoamento do produto, infra-estrutura disponível e legislação; Zootécnicos, observando com mais propriedade as características da espécie a ser utilizada, conversão alimentar e potencial de impacto.

Em se tratando da seleção de áreas favoráveis à aquicultura no Brasil, os critérios estão preconizados na Instrução Normativa Interministerial nº 06/2004 (BRASIL 2004). Estes são divididos em caracterização regional, meio ambiente, socioeconômicos, aspectos zootécnicos e simulações e modelagens.

Dentro do critério de caracterização regional a INI 06/2004 orienta que sejam localizadas e caracterizadas fontes difusas de poluentes no uso e ocupação do solo; identificados na legislação vigente aspectos legais que influenciem a aquicultura; identificados e caracterizados aspectos ambientais da bacia hidrográfica abrangente; identificadas fontes de insumos e logísticas; caracterizadas as rotas de tráfego, áreas portuárias e de lazer náutico; identificadas áreas que possuam restrições de segurança para a implantação de projetos de aquicultura; identificar e caracterizar patrimônios históricos e culturais; identificar possíveis atividades minerárias que influenciem a aquicultura.

Tendo em vista o critério das características do meio ambiente a serem instaladas as atividades de aquicultura, a legislação recomenda que sejam identificadas e caracterizadas as unidades de conservação e áreas de preservação; caracterizados os aspectos climáticos e meteorológicos e correlacionados com a aquicultura; caracterizados os padrões hidrodinâmicos regionais; avaliada e caracterizada a qualidade da água identificando áreas críticas e correlacionando o ambiente à aquicultura; identificadas áreas de paliteiro e de ocorrência de macroalgas; identificadas e caracterizadas influências antrópicas e formas de mitigação das mesmas; caracterizada a vegetação marginal e identificadas espécies com potencial zootécnico e avaliados os possíveis impactos na aquicultura causados pela ictiofauna regional.

Quanto aos aspectos socioeconômicos, é importante que seja avaliada a distribuição e padrões de dinâmica populacional da região; identificada a presença de populações tradicionais e avaliado o interesse dessas populações sobre a aquicultura; caracterizadas e avaliadas as comunidades lindeiras visando a inserção delas na atividade de aquicultura; caracterizada a estrutura produtiva regional e a possibilidade de inserção da aquicultura na região; identificados impactos na inserção da aquicultura no ambiente político administrativo regional.

Tendo em vista o critério zootécnico, a referida instrução normativa preconiza a identificação das atividades de aquicultura presentes na região; sugestão de utilização de estruturas de cultivo que melhor se adaptem a realidade do local; identificação das espécies que

melhor se adaptem ao ambiente de interesse; identificação das espécies presentes que possuam potencial zootécnico; caracterização da região sobre a presença e logística de insumos; identificação dos melhores mercados para o escoamento da produção; identificação e caracterização de políticas de fomento da aquicultura na região; caracterização e sugestão de medidas mitigatórias aos possíveis impactos da aquicultura.

Por fim, o último critério a ser observado de acordo com a legislação que normatiza a seleção de áreas favoráveis à aquicultura são as simulações e modelagens. Diante desse critério a legislação preconiza que sejam identificados padrões de hidrodinâmica visando alocação de estruturas de cultivo; identificados padrões de circulação de ventos e caracterizada sua influência sobre as estruturas de cultivo; simuladas possíveis alterações na qualidade da água pela aquicultura; simulada a dispersão de resíduos da aquicultura visando identificar áreas de acumulação; caracterizada a batimetria local visando a identificação de áreas que tenham profundidade adequada para a instalação de estruturas de aquicultura e diluição dos resíduos; e estimada e simulada a capacidade suporte de produção de pescados sem que haja comprometimento ambiental.

Esses fatores e critérios comentados são de extrema importância a garantir um recorte físico no ambiente, de forma a definir áreas que possuem real potencial para a aquicultura (BRASIL 2004).

3.6. UTILIZAÇÃO DO SIG PARA A SELEÇÃO DE ÁREAS FAVORÁVEIS À AQUICULTURA

Sistema de informação geográfica (SIG) faz a integração de ferramentas computacionais com dados espaciais que possibilitam a visualização, a gerência de informações geográficas, a análise de relações espaciais e a modelagem de processos ambientais (ESRI 2001). Uma das aplicações usuais do SIG é a geração de mapas com a integração de informações geográficas, representando os dados ou análise sobre uma área em diversas camadas.

A identificação de áreas potenciais para aquicultura representa um desafio, pois, envolve a análise de múltiplos fatores que devem ser sobrepostos e entendidos em conjunto (ALMEIDA, 2006). De acordo com Wong (1995), o Sistema de Informação Geográfica (SIG) e Sensoriamento Remoto (SR) podem ser uma das principais ferramentas a serem utilizadas para auxiliar no gerenciamento da aquicultura. O uso dessas ferramentas permite a identificação de áreas potenciais e a delimitação de parques aquícolas, levando em consideração os usos da região.

A primeira aplicação do SIG na aquicultura foi na década de 80, e então tem se mostrado até hoje uma importante ferramenta para a previsão de impactos aos recursos hídricos e ambientes do entorno, visando assim o desenvolvimento de projetos envolvendo o uso de áreas na água e em terra.

Focando na utilização do SIG na aquicultura é interessante gerar camadas que integrem informações geográficas sobre hidrodinâmica, batimetria, logística, uso urbano, ambiental, entre outras. Assim, fica possibilitada a visualização das áreas de favorabilidade ao desenvolvimento da atividade e a definição do potencial de uso, impacto e a definição de condições e locais estratégicos, onde o setor pode se desenvolver de forma sustentável (AGUILAR-MANJARREZ *et al.* 2010).

Tendo em vista que o maior potencial do SIG é a utilização deste para coletar, armazenar, analisar e apresentar informações em diferentes escalas, as análises necessárias podem ser realizadas detalhadamente sobre ambientes específicos ou regionais em grande escala (BUSH; KOSY 2007). Além disso, a velocidade e precisão com que grandes volumes de informações espaciais podem ser analisadas constitui outra vantagem, permitindo aos tomadores de decisões agirem de forma embasada, utilizando múltiplos cenários, o que seria impossível sem a referida ferramenta.

Nesse sentido, as técnicas de geoprocessamento vêm sendo adotadas visando a abertura de portas para o desenvolvimento de estudos das peculiaridades de cada ambiente, otimizando a análise de um grande e volumoso conjunto de parâmetros ambientais (ZENG *et al.* 2003).

Desta forma, a análise espacial possibilita a geração de informações que subsidiam a gestão das áreas de cultivo, disponibilizando informações às comunidades produtoras e aos órgãos fomento das áreas afins (TOVAR *et al.* 2000).

3.7. TÉCNICAS DE INFERÊNCIA GEOGRÁFICA

Os projetos desenvolvidos em SIG têm como principal proposta a combinação de dados espaciais e geográficos, com o objetivo de descrever e analisar interações, para fazer previsões através de modelos, e fornecer apoio nas decisões tomadas por especialistas. A combinação desses dados multi-fonte permitirá uma redução na ambiguidade das interpretações que normalmente são obtidas através da análise individual dos dados (PENDOCK&NEDELJKOVIC, 1996). Conceituando, os modelos de processos ambientais no contexto de SIG, podem ser descritos como a combinação de um conjunto de dados de entrada através de uma função, produzindo um novo dado de saída. Essas funções podem ser as mais variadas, utilizando-se pesos, em relação a importância, para os diferentes parâmetros a serem integrados.

Existem vários métodos a serem utilizados nessas inferências espaciais, visando a integração dos dados. Estes geram informações em diferentes formatos.

O método Booleano gera dado sem formato temático sendo a potencialidade expressa espacialmente em forma de polígonos que representam classes (favorável e não favorável).

Esses modelos baseados no método Booleano dispõem-se de um conjunto de informações de entrada e uma metodologia que nos permitirá descobrir localizações ou zonas que satisfaçam um conjunto de critérios. É geralmente utilizado quando o critério é definido segundo regras determinísticas, e este modelo consiste em aplicar operadores de lógica booleana em um conjunto de dados (mapas) de entrada. O dado de saída é um mapa binário onde cada ponto no mapa, satisfaz ou não as condições do modelo (BONHAM-CARTER, 1994). Harris (1989) descreve esse modelo como técnica aditiva na qual os mapas binários são simplesmente sobrepostos, e as áreas de maior potencialidade são aquelas que apresentam o maior número de interseção de evidências favoráveis definidas pelo modelo.

Os outros métodos, Média Ponderada, Fuzzy, Bayesiano e inferência por Redes Neurais, geram dado sem formato numérico, sendo a potencialidade expressa de forma numérica.

Nesses demais métodos anteriormente citados, de um modo alternativo, cada localização pode ser avaliada de acordo com critérios ponderados, que resultam em um patamar (grau) em uma escala de potencialidade (BONHAM-CARTER, 1994). Essa técnica também é definida como coocorrência ponderada (HARRIS, 1989). Este método, diferentemente do método booleano, tem como vantagem a habilidade de avaliar graus de potencialidade em vez de apenas avaliar presença ou ausência da potencialidade.

A potencialidade é calculada pela ponderação e combinação de evidências de fontes múltiplas. A avaliação do peso a ser atribuído a um mapa depende da análise da importância da evidência em relação a uma ocorrência conhecida ou do julgamento subjetivo de especialistas (BONHAM-CARTER, 1994).

4. MÉTODOS DE OBTENÇÃO DOS DADOS

Os dados utilizados neste trabalho foram desenvolvidos com base em dados secundários, complementados por resultados primários obtidos em uma campanha limnológica de reconhecimento do reservatório em questão pela empresa NeoCorp Ltda. Os dados secundários foram obtidos de relatórios de monitoramento de qualidade da água, realizados pela empresa de consultoria ambiental NATURAE/LIFE, e cedidos pela TRACTEBEL, concessionária do reservatório de Cana Brava. O monitoramento limnológico foi iniciado previamente à construção da barragem, no ano de 2000. Em função da inconsistência de dados nos primeiros anos de monitoramento (2000-2006), foram utilizados dados físico-químicos de qualidade da água e de variáveis biológicas mais recentes, a partir do ano de 2007, para realizar a caracterização limnológica atual do reservatório de Cana Brava.

Os métodos analíticos utilizados no monitoramento físico-químico de Cana Brava pela NATURAE/LIFE seguiram as normas da APHA (1998). O detalhamento específico das diferentes metodologias e procedimentos adotados pode ser encontrado nos referidos relatórios de monitoramento (NATURAE/LIFE, 2004).

4.1. ELEMENTOS DISCUTIDOS

Para se obter uma produção elevada na aquicultura é necessário promover o crescimento dos organismos em altas taxas e com menor gasto possível. Para que isso seja viável, é fundamental fornecer aos peixes um ambiente favorável ao seu desenvolvimento, tanto em aspectos bióticos como abióticos (BALDISSEROTTO, 2002). Portanto, o potencial produtivo dos tanques-rede depende diretamente da qualidade da água do local onde serão alocados, principalmente em grandes reservatórios, pois nestes locais a correção das variáveis físico-químicas é extremamente difícil (ONO & KUBITZA, 2003).

Além disso, é importante considerar que a qualidade da água tende a ser prejudicada pelo confinamento e adensamento aos quais os peixes são submetidos em condições de cultivo intensivo. Portanto, é fundamental avaliar as variáveis limnológicas mais relevantes para a escolha de locais favoráveis ao desenvolvimento da atividade de aquicultura, bem como para monitorar possíveis alterações durante o processo de produção intensiva.

Ainda, algumas variáveis físicas são muito importantes de serem observadas, pois, garantem o desenvolvimento da atividade e escoamento da produção de forma eficiente.

Algumas variáveis físico-químicas serão discutidas em tópicos a seguir.

4.2. PH

O pH da maioria das águas naturais está entre 6,0 e 8,5, embora valores mais baixos possam ocorrer em águas contaminadas, com alto conteúdo orgânico; ou valores mais elevados, em bacias de formação calcária, águas subterrâneas, salobras, lagos salinos e inclusive águas eutróficas, em função de alta produção primária diurna pelo excesso de biomassa fitoplanctônica (SCHAFER, 1985). Segundo BOYD(1990), os valores letais de pH para os organismos são $pH \leq 4$ e $pH \geq 11$. Os valores compreendidos entre pH 6,5 e pH 9,0 são os mais adequados à produção aquícola, enquanto que os valores pH 6,0 e pH 9,0 correspondem aos limites estabelecidos pela legislação vigente (CONAMA 357/05). Entretanto, segundo SIPAÚBA - TAVARES (1995),o cultivo pode acontecer sem restrições fisiológicas aos peixes com valores de pH até 9,5.

Por outro lado, segundo PERERA et al. (1997), águas alcalinas com pH maior que 8,0,promovem condições ideais para a ocorrência de infecções estreptocócicas por potencializarem a toxidez da amônia. Esse fato pode diminuir os níveis de produção e aumentar os custos de manutenção dos tanques.

De forma geral, os valores superficiais de pH registrados estão dentro da faixa da neutralidade e de acordo com o preconizado pela Resolução do CONAMA 357/05 para águas de Classe 2 (6a 9), com exceção de alguns pontos. Estes valores são corroborados pelos resultados da série histórica e da campanha realizada pela empresa NEOCORP. No fundo, também foram observados valores neutros, de 6,16 a 7,55.

4.3. DBO (DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO)

A demanda bioquímica de oxigênio é um dos parâmetros muito importantes a serem considerados para ser instalado um sistema de aquíicultura por ser indicativo da quantidade de oxigênio necessário, dissolvido na água, que permita aos microorganismos que decomponham a matéria orgânica presente na água. A DBO mede a quantidade de matéria orgânica oxidável por ação de bactérias e, por tabela, o grau de poluição de uma água. É um índice de concentração de matéria orgânica por unidade de volume de água (BAUMGARTNER D. *et al.* 2007).

Os valores de DBO da superfície do reservatório de Cana Brava estiveram entre 0,13 mg/L (CB 34) e 4 mg/L (CB 28),com os maiores valores nos afluentes, como no Córrego Formigueiro.Estes valores estão dentro do limite CONAMA 357/05 para águas de Classe 2 (<5 mg/L).Levando em consideração a média geral de DBO ao longo do reservatório e afluentes (2,1mg/L), constata-se que o sistema não possui altas concentrações de matéria orgânica prontamente biodegradável na água.

4.4. TEMPERATURA

A temperatura das águas superficiais é influenciada pela latitude, altitude, sazonalidade, hora do dia, circulação de ar, nebulosidade, correntes hidrodinâmicas e profundidade do corpo da água. Por sua vez, a temperatura afeta os processos físicos, químicos e biológicos dos corpos da água, além da concentração de variáveis termo dependentes, como oxigênio dissolvido. A variação da temperatura ao longo do ano deve ser conhecida, pois permite definir quais espécies se adaptam melhor às condições locais, além de auxiliar no planejamento da produção. Processos fisiológicos em peixes, como a taxa de crescimento, respiração, alimentação, metabolismo, reprodução, desintoxicação e bioacumulação são diretamente afetados pela temperatura (ZWEIG et al. 1999), assim como outros aspectos comportamentais. Uma vez que a taxa metabólica dos organismos aquáticos está diretamente relacionada à temperatura, em águas quentes, a taxa de respiração tende a aumentar, causando um aumento no consumo de oxigênio e na decomposição da matéria orgânica. De modo geral, o conforto térmico para espécies tropicais, potenciais ao cultivo intensivo, insere-se na faixa de temperatura entre 26 e 30°C (ONO & KUBITZA, 2003). Valores fora da faixa ótima de temperatura para cada espécie resultam na redução do consumo de alimento e, conseqüentemente, no retardo do crescimento.

Em reservatórios pode ocorrer a estratificação térmica da massa da água, a qual, em função das diferentes densidades da água, funciona como uma barreira física contra a mistura das camadas ao longo do gradiente vertical. Três estratos podem ser assim definidos: epilímnio, camada de água mais próxima da superfície, de temperatura relativamente constante (geralmente quente) misturada em função dos ventos e hidrodinâmica; hipolímnio, camada mais profunda e de densidade mais elevada, normalmente muito mais fria (embora em lagos tropicais, a diferença de temperatura entre a água de superfície e de fundo seja de apenas 2 a 3°C) (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2008); e metalímnio, definido quando ocorre uma zona muito bem delimitada entre estas duas camadas. Esta camada de transição térmica e de densidade da água é denominada pela limnologia clássica de termoclina. Conseqüentemente, a estruturação destas camadas pode, dependendo da intensidade e duração de tais processos e do nível de comprometimento do reservatório, influenciar significativamente a dinâmica dos processos físicos, químicos e biológicos ao longo do gradiente vertical (JORGENSEN, 2010).

Além disso, em reservatórios, a estratificação térmica pode decorrer do influxo de água subterrâneo ou pelo deslocamento das camadas em função da entrada de afluentes com temperatura da água inferior à do reservatório, caracterizando assim uma "estratificação hidráulica". Este tipo de estratificação ocorre com maior frequência em reservatórios que possuem a tomada de água em uma profundidade que não esteja próxima ao fundo (TUNDISI 2002).

As temperaturas superficiais da água no reservatório de Boa Esperança variaram entre

25,8°C e 28,6°C, o que conferiu uma amplitude térmica de 2,8°C entre os pontos de coleta ao longo de toda a série amostral. A temperatura superficial média variou de 25,1°C a 27,4°C. Tal amplitude gerou variação espacial significativa ($P < 0,001$) entre os pontos de coleta.

Temporalmente, foi observada uma variação significativa ($P < 0,001$) na temperatura média do reservatório entre as campanhas amostrais (estações), o que reflete as variações sazonais ao longo do ano. Nos meses de julho, a temperatura média de 25,4°C foi estatisticamente inferior ($P < 0,05$) aos demais meses amostrados, nos quais foram registradas médias superficiais entre 28,4 a 29,0°C.

4.5. OXIGÊNIO DISSOLVIDO

Oxigênio dissolvido (OD) é um dos fatores ambientais mais críticos e limitantes para aquicultura intensiva. Os teores mínimos de OD devem ser superiores a 5,0 mg/L para o crescimento ótimo da maioria dos peixes tropicais, mesmo valor estipulado para águas da classe 2 (CONAMA 357/2005). Baixos valores de oxigênio acarretam na diminuição da alimentação e das taxas de crescimento, bem como aumentam a suscetibilidade a doenças relacionadas ao estresse. A fonte de oxigênio de reservatórios, além da difusão natural da atmosfera e produção primária de plantas aquáticas, principalmente fitoplâncton, pode provir de rios afluentes, se não eutrofizados. Por outro lado, as perdas deste gás ocorrem através do consumo bacteriano para decomposição da matéria orgânica alóctone ou autóctone e respiração de organismos aquáticos. Em locais com baixos níveis de OD, normalmente, ocorre uma diminuição ainda maior do oxigênio dos tanques, devido à grande densidade de peixes confinados, o que pode levar à perda total do estoque.

A concentração média superficial de oxigênio dissolvido no reservatório variou dentro de um intervalo aceitável para a aquicultura, de 7,22mg/L a 9,46 mg/L. A variação entre os pontos amostrais foi altamente significativa ($P < 0,001$), o que indica variações dos fatores abióticos, bióticos e antrópicos sobre os processos inerentes do ciclo do oxigênio (e.g. turbulência, produção primária, respiração e decomposição) ao longo do gradiente longitudinal do reservatório.

A maior concentração média de OD no reservatório foi registrada em outubro de 2006, 8,2 mg/L; enquanto a menor, 5,9 mg/L, foi observada em julho de 2006 e abril de 2008. Tal variação foi responsável por uma variação temporalmente significativa ($P < 0,001$) entre os diferentes períodos em que foram analisados, com as menores concentrações médias registradas em julho/06, abril/08, abril/09, que diferiram estatisticamente ($P < 0,05$) dos meses de outubro/06, julho/07, outubro/08, quando foram observadas as maiores concentrações médias de OD.

Nas amostragens realizadas no fundo da coluna da água, as médias oscilaram entre 7,14mg/L e 9,21 mg/L. A diferença entre as concentrações de OD no fundo e superfície foi altamente significativa ($P < 0,001$). As concentrações de oxigênio reduzidas foram registradas geralmente nos meses mais quentes (janeiro e abril), corroborando o fato de que a concentração do oxigênio na água está intimamente ligada à temperatura, numa relação inversamente proporcional (BALDISSEROTTO, 2002). De acordo com FADURPE (2003), o perfil vertical de oxigênio no reservatório de Cana Brava tornou-se clinogrado somente nos pontos com profundidade superiores a 14 m, sobretudo nos pontos localizados nos braços e meandros do reservatório, onde há menor influência hidrodinâmica, e, portanto, menor mistura da coluna da água.

4.6. NITRATO

Altos níveis de nitrato podem afetar a osmorregulação e o transporte de oxigênio no organismo (LAWSON 1995). Além disso, valores elevados de nitrato causam a eutrofização e crescimento excessivo de algas e plantas aquáticas. BOYD (2001) recomenda que a concentração de nitrato na aquicultura esteja entre 0,2 a 10 mg/L. Conforme COLT & ARMSTRONG (1981), a concentração letal para a maioria dos animais aquáticos varia entre 1.000 e 3.000 mg/L. A Resolução CONAMA 357/2005 limita a concentração de nitrato para águas Classe 2 em 10 mg/L.

Os valores de nitrato encontrados na superfície do reservatório estiveram entre 0,1 e 0,8 mg/L. Alguns pontos de coleta apresentaram os maiores valores de nitrato na superfície 1,2 e 1 mg/L, respectivamente. Em alguns pontos de coleta os valores de nitrato estiveram abaixo do limite de detecção do método. No fundo, as concentrações observadas estiveram entre 0,1 e 0,7 mg/L. Segundo a Resolução CONAMA 357/05 para Águas de Classe 2, os valores obtidos de nitrato encontram-se no limite estabelecido (< 10 mg/L).

Visto que as concentrações de nitrato do reservatório não ultrapassaram o limite máximo determinado pela Resolução CONAMA 357/05 e recomendado por BOYD (2001) para a atividade da aquicultura, não há restrições para a atividade de aquicultura no que diz respeito a esta variável.

4.7. NITRITO

Concentrações elevadas de nitrito desativam a hemoglobina no sangue dos peixes causando hipóxia. Essa condição é conhecida como doença do sangue marrom. A concentração de nitrito pode chegar a níveis tóxicos e, conseqüentemente, se tornar um fator limitante para a produção aquícola (BOYD, 1990), afetando atividades como a alimentação e a conversão

alimentar, desencadeando assim, uma menor resistência às doenças, podendo inclusive ocorrer casos de mortalidade (LAWSON, 1995). A Resolução CONAMA 357/2005 preconiza o limite máximo de 1 mg/L de nitrito em águas Classe 2.

As concentrações de nitrito encontradas na superfície do reservatório estiveram entre 0,001 e 0,007 mg/L, com exceção de um dos pontos de coleta com 0,025 mg/L. As concentrações de nitrito encontradas na superfície do reservatório por ponto encontra-se na Figura 16. No fundo da coluna d'água as concentrações de nitrito encontradas estiveram entre 0,001 e 0,008. Essa concentração esteve mais elevada nos pontos mais profundos (entre 0,014 e 0,018 mg/L). As concentrações encontradas na superfície e fundo do reservatório estão dentro do limite do CONAMA 357/05 para Águas de Classe 2 (<1 mg/L).

Em suma, a concentração de nitrito no reservatório de Cana Brava esteve de acordo com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 e nos níveis recomendados para a prática da aquicultura.

4.8. SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (STD)

Os sólidos totais dissolvidos (STD) abrangem o conjunto de todas as substâncias orgânicas e inorgânicas contidas na água sob formas moleculares, ionizadas ou microgranulares. Estes refletem a massa total dos constituintes minerais presentes na água. A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece o limite de 500 mg/L para os sólidos totais dissolvidos.

No reservatório de Cana Brava, a concentração de sólidos totais dissolvidos na superfície variou de 70,0 mg/L a 120,0 mg/L. As variáveis condutividade elétrica da água e concentração de sólidos totais dissolvidos estiveram correlacionadas, pois justamente o aumento na concentração de STD na água causa a elevação da condutividade (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2008).

No fundo do reservatório, as concentrações de STD variaram de 70,0 mg/L a 140 mg/L.

Não foram observados valores superiores ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para os sólidos totais dissolvidos (500 mg/L).

4.9. FÓSFORO TOTAL (PT)

O fósforo é fundamental para manutenção das funções metabólicas e fisiológicas dos peixes e deve ser fornecido por meio de ração em níveis adequados, pois o excedente é excretado nas fezes e urina (BUREAU & CHO, 1999), causando a eutrofização em torno das áreas de cultivo (KIM et al., 1998). Como o fósforo é um dos principais elementos responsáveis pela eutrofização, as concentrações nos corpos de água devem ser mantidas baixas. Apesar de

BOYD & TUCKER (1998) considerarem concentrações de fósforo total na aquicultura até 0,5 mg/L ainda plausíveis para criação de peixes, os valores adotados para avaliar a capacidade de suporte no reservatório de Cana Brava devem considerar apenas a Resolução CONAMA 357/2005, que estabelece a concentração de 0,03 mg/L como limite máximo para ambientes aquáticos de Classe 2. Isto se deve ao fato de tal concentração constituir o limiar para o início de florações de algas, uma vez que a concentração de 0,05 mg/L de PT é considerada eutrófica e suficiente para a desencadear florações significativas de cianobactérias (FINKLER FERREIRA et al., 2008). Sendo assim, os locais adequados para a instalação de tanques-rede devem apresentar condições meso a oligotróficas (CYRINO & CONTE, 2006).

As concentrações de fósforo total observadas na superfície do reservatório encontraram-se abaixo do limite de detecção (<0,01) a 0,21 mg/L. Em alguns pontos de coleta ocorreram valores acima de 0,03mg/L, limite preconizado pela Resolução CONAMA 357/05 para águas de Classe 2. A média de PT na superfície foi de 0,02 mg/L, o que corrobora o estado mesotrófico do reservatório observado em monitoramentos pretéritos. As concentrações de PT no fundo variaram de 0,01 a 0,55 mg/L, resultando em uma média de 0,07 mg/L.

4.10. ORTOFOSFATO

Em reservatórios tropicais, devido à alta temperatura da água, o metabolismo de produtores primários aumenta consideravelmente, fazendo com que o ortofosfato seja ainda mais rapidamente assimilado e repassado a outros níveis tróficos. Nestes lagos a concentração de ortofosfato tende a ser bastante baixa; geralmente inferior ao limite de detecção da maioria dos métodos analíticos disponíveis, com exceção de ambientes eutrofizados artificialmente (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2008). De acordo com BOYD & TUCKER (1998), os valores de ortofosfato considerados ótimos para prática da aquicultura são inferiores a 0,05 mg/L.

Na superfície do reservatório, as concentrações de ortofosfato encontraram-se abaixo do limite de detecção (<0,01 mg/L) a 0,17 mg/L, observado em um ponto localizado no córrego do Varjão sob influência do município de Minaçu. A média de ortofosfato encontrada na superfície do reservatório foi 0,02 mg/L. No fundo da coluna d'água a média de ortofosfato variou de 0,001 (abaixo do limite de detecção do método) a 0,44 mg/L (CB 33).

4.11. CARACTERÍSTICAS DO RESERVATÓRIO

Algumas características do entorno do reservatório e do próprio reservatório devem ser observadas na seleção de áreas favoráveis à aquicultura, pois interferem diretamente na seleção de áreas favoráveis a atividade. Estes devem ser considerados em conjunto com as

características limnológicas do reservatório a fim de com o cruzamento destas informações as áreas de maior favorabilidade para a atividade sejam identificadas.

Algumas dessas características mais relevantes serão discutidas em tópicos a seguir.

4.11.1. PROFUNDIDADE

A batimetria pode ser definida como o conjunto dos princípios, métodos e convenções utilizados para determinar a medida do contorno, da dimensão e da posição relativa da superfície submersa dos mares, rios, lagos, represas e canais (BORGES F.S. P. *et al.* 2004). Essa determinação é de suma importância nos estudos para determinação de áreas favoráveis ao desenvolvimento da aquicultura.

Essa importância deve-se a um fator muito importante a ser considerado na escolha de áreas favoráveis a serem implantados sistemas de aquicultura ser a profundidade. A legislação vigente determina que o local de implantação para cultivo em tanque rede seja de no mínimo 4 metros de profundidade.

A batimetria utilizada foi obtida através do Modelo Numérico do Terreno (MNT). Foram utilizadas curvas equidistantes de 10 em 10 m e cotas entre 335 m a 290 m. Para a definição da batimetria foi considerada a cota 335m.

O resultado obtido por meio deste tratamento foi incorporado à grade computacional. Observa-se que no talvegue do reservatório as profundidades são de até 121 metros.

4.11.2. ZONA DE DEPLEÇÃO DO RESERVATÓRIO

A zona de depleção é a diferença entre a cota máxima e a cota mínima do reservatório, e ilustra as áreas que são alagadas somente na época de cheia. A consideração deste fator é de extrema importância, uma vez que, as áreas favoráveis à aquicultura a serem definidas devem estar alagadas também na época da seca, possibilitando assim a produção durante todo o ano.

A zona de depleção do reservatório de Cana Brava foi gerada a partir da re-interpolação das curvas de nível cedidas à empresa Neocorp Ltda., pela concessionária do reservatório Tractebel Energia. Como subsídios secundários à re-interpolação, foram utilizados os pontos cotados cedidos e a hidrografia da área do reservatório, que serviu de base para a delimitação dos vales. Esse processo gerou um MNT com 30 m de resolução espacial.

As cotas de 330 e 333 m (limites da zona de depleção) foram extraídas do MNT por meio de uma expressão fundamentada no comando CON (conditional) na ferramenta raster calculator do software ARCGIS 9.3. A área da zona de depleção tem 13,28 km².

4.11.3. ÁREAS DE OCORRÊNCIA DE PALITEIROS

Para delimitar a ocorrência dos fragmentos de mata ripária submersa ou semi-submersa no reservatório (também denominada de “paliteiros”) a empresa Neocorp Ltda. utilizou imagens do aplicativo GOOGLE EARTH PRO. No entanto, devido à ausência de informação, não foi possível determinar o nível do reservatório de Cana Brava nas imagens utilizadas. Contudo, a pequena variação vertical do nível do reservatório, de apenas 3 m, não promoverá uma amplitude elevada na zona de depleção. Conseqüentemente, as zonas de ocorrência de paliteiros delimitadas não estarão sujeitas a significativas alterações. No entanto, estas devem ser consideradas como uma margem de segurança às zonas de depleção do reservatório de modo a evitar possíveis conflitos.

De acordo com FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS (2006), não é recomendada a retirada da mata ripária submersa ou semi-submersa devido aos efeitos nocivos sobre o ambiente aquático, relacionados à ressuspensão na coluna d’água de elementos químicos permanentemente imobilizados pelas interações químicas com o sedimento.

4.11.4. ÁREAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL

A definição das áreas de proteção ambiental constitui um importante procedimento metodológico e operacional, visto que estas áreas têm características espaciais e tipologias de uso definidas na Legislação. Ainda, a atividade de aquicultura fica restringida nessas áreas, sendo, portanto, imprescindível limitar as regiões do reservatório abrangidas por APA’s. Algumas diretrizes foram consideradas pela empresa Neocorp Ltda. a fim de identificar estas áreas, entre elas, avaliação da Legislação pertinente ao tema, definição dos critérios definidores das APA’s e integração de dados para a geração do mapa de consolidação das APA’s que ocorrem no entorno do reservatório.

Na área de interesse existe uma única Unidade de Conservação, a Área de Proteção Ambiental Pouso Alto, classificada, de acordo com o SNUC (2000), como unidade de Uso Sustentável. Área de Proteção Ambiental (APA) é uma área extensa e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais (SNUC, 2000).

Com a finalidade de proteger a região em torno do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros foi criada em 01/10/2000, pelo Estado de Goiás, a Área de Proteção Ambiental Pouso Alto, com mais de 800 mil hectares. A referida APA envolve parte de 6 municípios: Alto Paraíso, Cavalcante, São João d’Aliança, Teresina de Goiás, Nova Roma e Colinas do Sul. O nome vem da Serra do Pouso Alto, na Chapada dos Veadeiros, um sítio histórico da época colonial. Hoje, a APA é a maior extensão de Cerrado nativo do estado de Goiás e ao mesmo tempo é a que sofre maior pressão por madeireiros, carvoeiros, agricultores e mineradores.

A APA Pouso Alto faz limite com o reservatório de Cana Brava na região do município de Minaçu. No Anexo VIII consta a espacialização da mencionada UC com o reservatório alvo deste estudo.

A APA Pouso Alto não tem plano de manejo elaborado, porém o artigo 4º do Decreto nº5.419, de 07 de maio de 2001, o qual cria a referida APA, preconiza que todos os empreendimentos susceptíveis de provocar modificações e/ou impactos ambientais dentro e num raio de 10 km dos limites desta Unidade de Conservação, deverão ser submetidos à anuência da Agência Goiana de Meio Ambiente (AGMA). Cabe ressaltar que a zona de amortecimento delimitada no Decreto acima citado, não é considerada área restritiva para a delimitação de parques aquícolas. No entanto, é interessante considerar esta zona de amortecimento na identificação das áreas favoráveis a aquíicultura, a fim de, facilitar o desenvolvimento da atividade.

5. LOCALIZAÇÃO

A hidrelétrica de Cana Brava foi construída no trecho goiano do rio Tocantins pela Companhia Energética Meridional. Foi inaugurada no dia 24 de maio de 2002. A usina deveria entrar em operação somente em 2004, conforme ato de concessão expedido em 1998, mas teve sua conclusão antecipada pela Tractebel Energia, controladora da Meridional (ANEEL 2002).

A Usina Hidrelétrica de Cana Brava está localizada na bacia do Rio Tocantins, no estado de Goiás. Apresenta uma área total inundada de 139 km² e um volume total de 2,3 x 10⁹ m³. Possui um potencial de geração instalado de 471,6MW, gerados por três unidades de 157,2 MW cada (Tractebel 2002).

O reservatório faz divisa com os municípios de Minaçu e Cavalcante. A concessionária do reservatório é a Companhia Energética Mercosul (Tractebel Energia).

O reservatório de Cana Brava está localizado na porção norte do estado de Goiás, na porção setentrional da sub-bacia do Alto Tocantins, nos municípios goianos de Cavalcante, Colinas do Sul e Minaçu como pode ser observado no mapa 13.

5.1. BACIA HIDROGRÁFICA

A Bacia Hidrográfica dos rios Tocantins-Araguaia (Anexo II) abrange uma área de drenagem de 967.059 km² (11% do território nacional), distribuídos pelos estados de Goiás (26,8%), Tocantins (34,2%), Pará (20,8%), Maranhão (3,8%), Mato Grosso (14,3%) e o Distrito Federal (0,1%). A maior parte da bacia situa-se na região centro-oeste do Brasil, desde as nascentes dos rios Araguaia e Tocantins até a confluência destes, e daí, para jusante, adentra na região norte até a foz. A Bacia Hidrográfica Tocantins-Araguaia é a segunda maior região brasileira em termos de disponibilidade hídrica com 13.624 m³/s de vazão média (Q), equivalente a 9,6% do total do país, e uma vazão específica média de 14,84 L/s/km². A Bacia Hidrográfica dos rios Tocantins-Araguaia divide-se em 3 sub-regiões hidrográficas: **do Tocantins Alto, Tocantins Baixo e Araguaia** (CADERNO DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO TOCANTINS-ARAGUAIA, 2006).

5.2. CORPO HÍDRICO

O rio Tocantins localiza-se quase que integralmente entre as coordenadas de latitude 2° e 18°S e longitude 46° e 56°O, com nível altimétrico da bacia, na maior parte, na cota de 200 a 500 metros, à exceção das cabeceiras que alcançam a cota de 1.000 m. Apesar da rede de drenagem ser densa, as declividades relativamente mais acentuadas em comparação à Bacia do Araguaia permite a ocorrência de cheias menos significativas (EPE, 2007).

Formado pelos rios Maranhão e das Almas, nasce no norte do estado de Goiás, flui em direção ao norte do país por cerca de 2.500 km e passa por 71 municípios goianos. O rio Tocantins é do tipo canalizado com estreita planície de inundação, drena uma área de aproximadamente 421.250 km² e percorre uma extensão de 2.400 km até desaguar na Baía de Marajó, localizada próximo a Belém do Pará (SEPLAN, 2010).

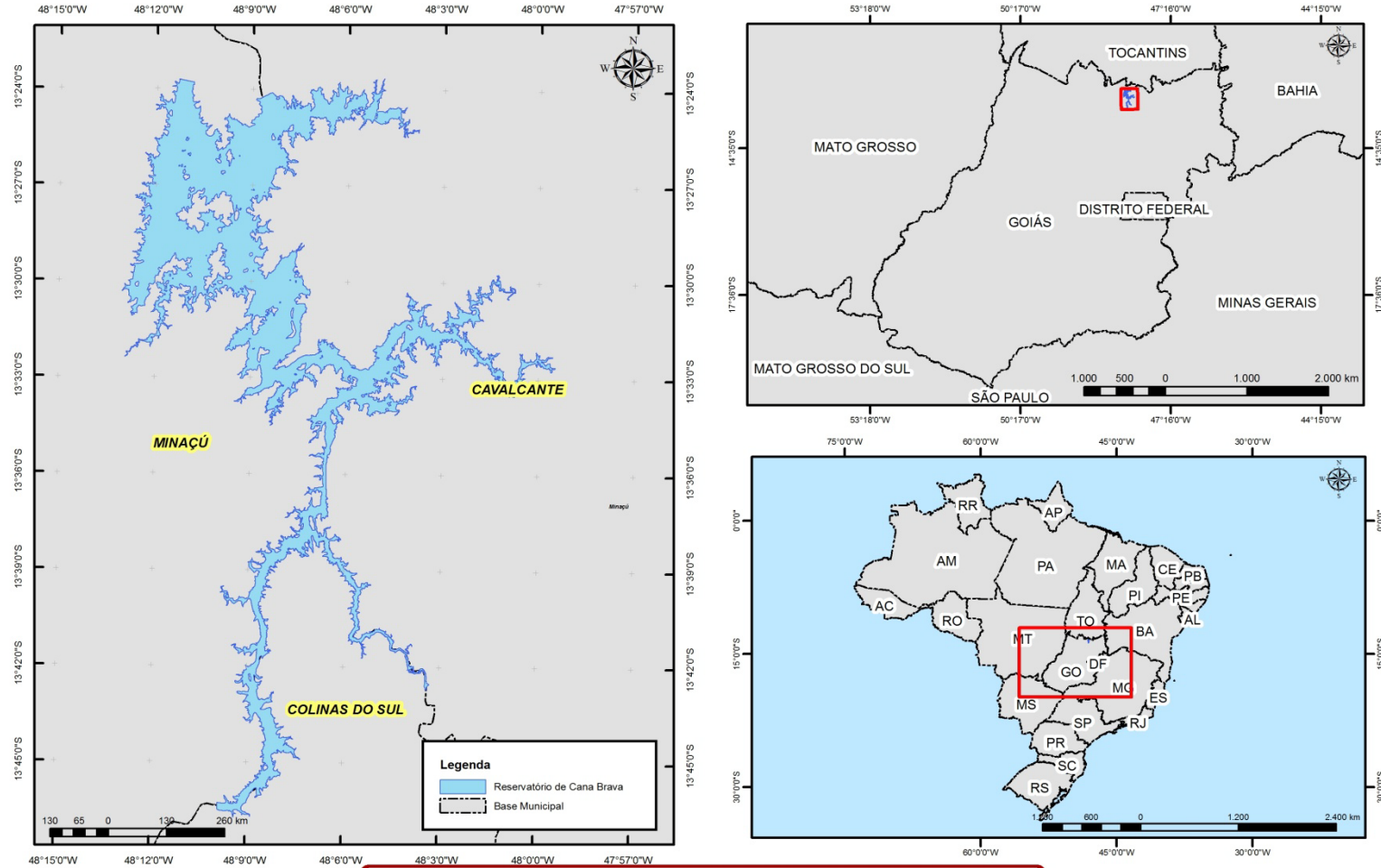
5.3. SUB-REGIÃO HIDROGRÁFICA

A Sub-Região Hidrográfica do Tocantins Alto é formada por 4 sub-bacias: a do Tocantins entre os rios do Sono e Araguaia, Tocantins entre os rios Paranã e do sono, Tocantins entre os rios Preto e Paranã e a do Alto Tocantins, na qual está localizado o reservatório de Cana Brava.

A Sub-Bacia do Alto Tocantins tem cerca de 1.000 km de extensão, vazão média acumulada de 782 m³/s e área de drenagem de aproximadamente 50.918 km² com limites no paralelo 12° S de latitude, próximo ao município de Peixe-TO (CADERNO DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO TOCANTINS-ARAGUAIA, 2006).

Dentre os principais elementos hidrográficos que compõem a sub-bacia do Alto Tocantins merecem referência os rios Preto, Claro, Tocantinzinho, Maranhão, Paranã (MMA, 2010).

Mapa 13 Mapa de Localização



Mapa de Localização do Reservatório da Usina Hidrelétrica de Cana Brava

Localidade: Rio Tocantins	Estado: Goiás	Sistema de Coordenadas Geográficas Ref. Plan: Sist. de Ref. Geocêntrico para as Américas - SIRGAS Ref. Alt: Vértice de Chuá
Municípios: Minaçu/Cavalcante/Colinas do Sul		

6. MATERIAL E METODOLOGIA

Este trabalho teve como objetivo mapear, a partir de dados secundários de limnologia e alguns parâmetros físicos como temperatura e batimetria, áreas favoráveis ao desenvolvimento da atividade de aquicultura no reservatório da Usina Hidrelétrica de Cana Brava, situado no estado de Goiás.

Para cumprir com este objetivo, foram utilizadas técnicas de geoprocessamento baseadas na lógica booleana, que indicou áreas aptas baseadas em cruzamentos dos parâmetros analisados. Essa aptidão à aquicultura foi identificada a partir de valores já estimados pela literatura científica.

De acordo com Marconi e Lakatos (2003), metodologia ou procedimentos metodológicos são a formulação do problema enunciado de hipóteses, determinação das variáveis e indicação dos tipos de relação entre os diversos elementos estudados. Além disso, considera-se também a explicitação dos procedimentos metodológicos, incluindo a descrição dos instrumentos de pesquisa (observação, questionário, formulário, testes, escalas etc.); indicação do tratamento e inferência estatística; seleção do sujeito (universo ou amostra); e informações sobre a coleta dos dados. Sendo assim, será descrito o desenvolvimento da pesquisa, desde as etapas iniciais do projeto com a organização dos arquivos até os procedimentos finais com a análise dos dados, visando à identificação de áreas favoráveis ao desenvolvimento da aquicultura baseadas nos parâmetros estudados.

6.1. METODOLOGIA DE OBTENÇÃO DOS DADOS FÍSICO-QUÍMICOS

Este estudo foi realizado baseado em mapas temáticos apresentados pela empresa Neocorp Ltda., conveniada com o Ministério da Pesca e Aquicultura, visando o desenvolvimento de estudos de apoio para a implementação de parques aquícola no reservatório da Usina Hidrelétrica de Cana Brava.

Este estudo desenvolvido pela empresa Neocorp Ltda. Foi desenvolvido com base em dados secundários, complementados por resultados primários obtidos em uma campanha limnológica de reconhecimento do reservatório em questão pela própria. Os dados secundários foram obtidos de relatórios de monitoramento de qualidade da água, realizados pela empresa de consultoria ambiental NATURAE/LIFE, e cedidos pela TRACTEBEL, concessionária do reservatório de Cana Brava.

O monitoramento limnológico foi iniciado previamente à construção da barragem, no ano de 2000. Em função da inconsistência de dados nos primeiros anos de monitoramento (2000-2006), foram utilizados dados físico-químicos de qualidade da água e de variáveis biológicas mais recentes, a partir do ano de 2007, para realizar a caracterização limnológica atual do reservatório de Cana Brava.

Os resultados da campanha atual de reconhecimento do lago da UHE Cana Brava, realizada pela Neocorp, foram discutidos e comparados com os dados compilados da série histórica. Desta forma, para este trabalho foram utilizados estes dados discutidos e comparados.

6.2. ATIVIDADES PRELIMINARES DE GEOPROCESSAMENTO

6.2.1. PADRONIZAÇÃO DO SISTEMA DE REFERÊNCIA

Devido ao trabalho ser realizado utilizando-se dados secundários utilizou-se como padrão o sistema de referência original destes dados, o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000). Ainda, os dados gerados a partir dos dados secundários utilizados foram mantidos no Datum Horizontal SIRGAS 2000, em função da necessidade de adoção do sistema SIRGAS de referência, visando atender a Resolução do IBGE N° 01 de 25 de fevereiro de 2005, que estabelece o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas - SIRGAS, como novo sistema geodésico de referência para o Sistema Geodésico Brasileiro - SGB e para o Sistema Cartográfico Nacional – SCN.

6.2.2. CRIAÇÃO DE UM BANCO DE DADOS

Para a realização do projeto foi criado um banco de dados digitais no *software* ArcGIS 10 e ArcGIS 10.2, onde foram implementados os mapas de parâmetros limnológicos e de parâmetros físicos a serem analisados.

6.2.3. TRANSFORMAÇÃO DOS MAPAS

Os mapas apresentados no banco de dados do estudo elaborado pela empresa conveniada com o Ministério da Pesca e Aquicultura estavam no formato geral ASCII. Para trabalhar com esses dados foi realizada a conversão destes para o formato raster, de forma a possibilitar a classificação e outras atividades com estes dados.

A conversão foi efetuada no *software* ArcGIS 10.2, por meio do módulo *Conversion Tools*, na função *To Raster→ASCII to Raster*, gerando os arquivos no formato a ser utilizado no presente trabalho.

6.2.4. CLASSIFICAÇÃO DOS MAPAS

Os mapas utilizados para efetuar os cruzamentos, foram classificados de acordo com o intervalo pré-estabelecido pela literatura científica. Na Tabela 1, são apresentados os níveis adequados das variáveis consideradas determinantes para o cultivo de peixes tropicais, segundo ONO & KUBITZA (2003), BOYD & TUCKER (1998), SIPAÚBA-TAVARES (1995) e ZIMMERMANN *et al.* (2001) e pela legislação ambiental vigente (CONAMA - Resolução n° 357, de 17 de março de 2005), que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, entre outras diretrizes, para ambientes lênticos de Classe 2, também indicados para a atividade de aquicultura.

Tabela 1 Variáveis determinantes para o cultivo de peixes

Variáveis	Níveis adequados
pH	6,5 a 9,0
Oxigênio Dissolvido	5 - 8 mg/L
DBO	< 30 mg/L
Nitrato	< 10 mg/L
Fósforo Total	< 0,030 mg/L
Nitrito	< 0,3 mg/L
Ortofosfatos	< 0,05 mg/L
Sólidos Totais Dissolvidos	< 500 mg/L
Temperatura	26°C a 30°C
Profundidade	> 4 m

6.2.4.1. GERAÇÃO DOS MAPAS A SEREM UTILIZADOS

Para a geração dos mapas disponíveis foram utilizados os mapas já reclassificados e o mapa temático do limite do reservatório em estudo, resultando em mapas abrangendo somente a área de interesse. Esse procedimento foi realizado no *software* ArcGIS 10.2, por meio do módulo *Spatial Analyst Tools*, na função *Extraction*→*Extract by mask*.

6.2.4.2. MAPA DE PH

O mapa temático com os valores de pH na extensão do reservatório em estudo foi reclassificado e os valores dos pixels desta reclassificação podem ser observados na tabela 2. O mapa demonstrando as regiões favoráveis e desfavoráveis para o desenvolvimento da aquicultura no reservatório em estudo levando em consideração os valores de pH na extensão deste pode ser observado na figura 1.

Tabela 2 Valores de pH

Variáveis Químicas			
Valores Análise		Condição	Reclassificar
pH	5	Não Favorável	10
	5-6	Não Favorável	
	6-7	Favorável	20

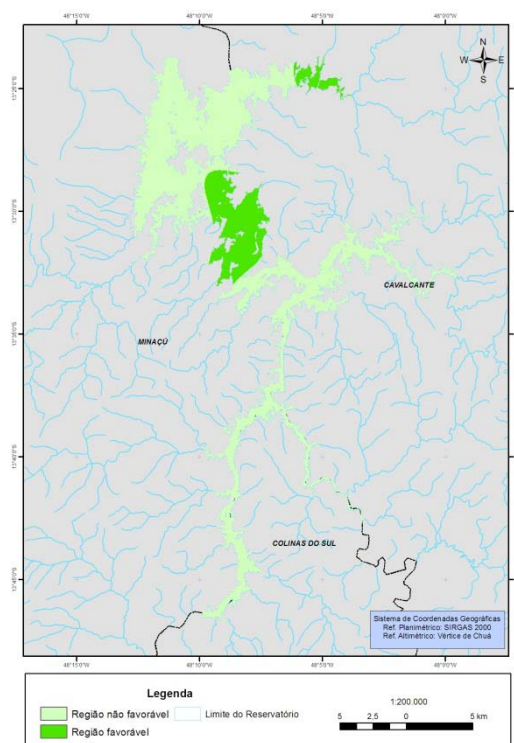


Figura 1 Mapa de demonstração das regiões favoráveis e não favoráveis ao desenvolvimento da aqüicultura na UHE de Cana Brava, de acordo com os valores de pH.

6.2.4.3. MAPA DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD)

O mapa temático com os valores de OD na extensão do reservatório em estudo foi reclassificado e os valores dos pixels desta reclassificação podem ser observados na tabela 3. O mapa demonstrando as regiões favoráveis e desfavoráveis para o desenvolvimento da aqüicultura no reservatório em estudo levando em consideração os valores de OD na extensão deste pode ser observado na figura 2.

Tabela 3 Valores de Oxigênio Dissolvido

Variáveis Químicas			
Análise		Condição	Reclassificar
Oxigênio Dissolvido	7 mg/L	Favorável	1
	7-8mg/L	Favorável	
	8-9mg/L	Não Favorável	2

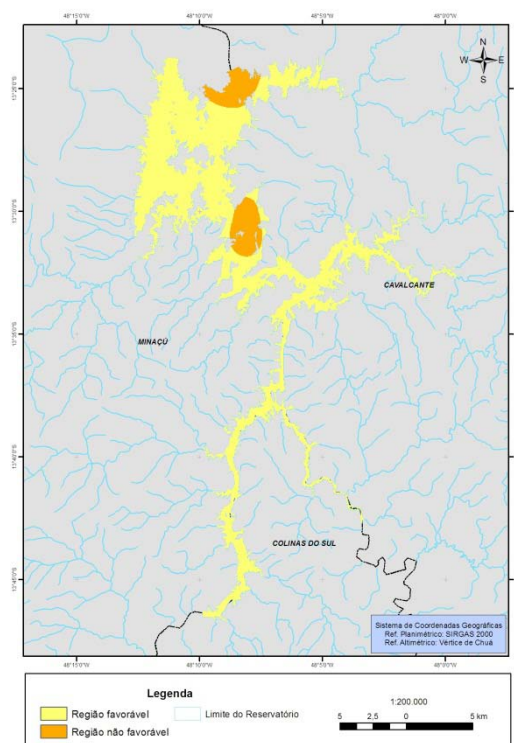


Figura 2 Mapa de demonstração das regiões favoráveis e não favoráveis ao desenvolvimento da aquíicultura na UHE de Cana Brava, de acordo com os valores de OD.

6.2.4.4. MAPA DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO)

O mapa temático com os valores de DBO na extensão do reservatório em estudo foi reclassificado e os valores dos pixels desta reclassificação podem ser observados na tabela 4. O mapa demonstrando as regiões favoráveis e desfavoráveis para o desenvolvimento da aquíicultura no reservatório em estudo levando em consideração os valores de DBO na extensão deste pode ser observado na figura 3.

Tabela 4 Valores de Demanda Bioquímica de Oxigênio

Variáveis Químicas			
Análise		Condição	Reclassificar
Demanda Bioquímica de Oxigênio	0-4mg/L	Favorável	2

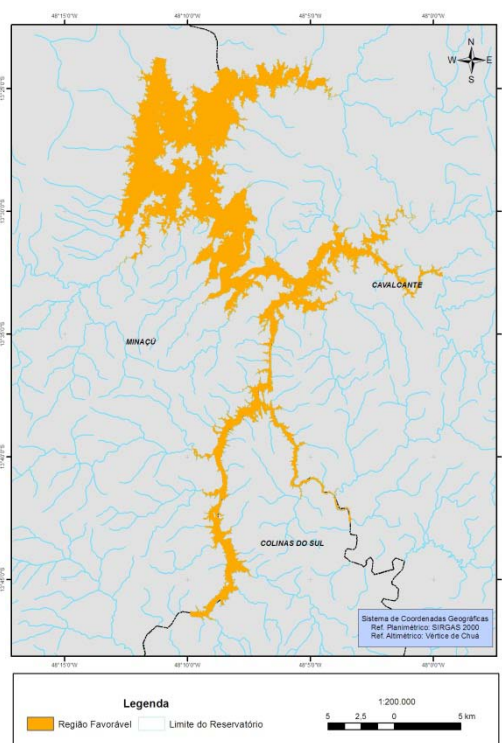


Figura 3 Mapa de demonstração das regiões favoráveis e não favoráveis ao desenvolvimento da aquícultura na UHE de Cana Brava, de acordo com os valores de DBO.

6.2.4.5. MAPA DE NITRATO

O mapa temático com os valores de Nitrato na extensão do reservatório em estudo foi reclassificado e os valores dos pixels desta reclassificação podem ser observados na tabela 5. O mapa demonstrando as regiões favoráveis e desfavoráveis para o desenvolvimento da aquícultura no reservatório em estudo levando em consideração os valores de Nitrato na extensão deste pode ser observado na figura 4.

Tabela 5 Valores de Nitrato

Variáveis Químicas			
Análise		Condição	Reclassificar
Nitrato	0-1mg/L	Favorável	20

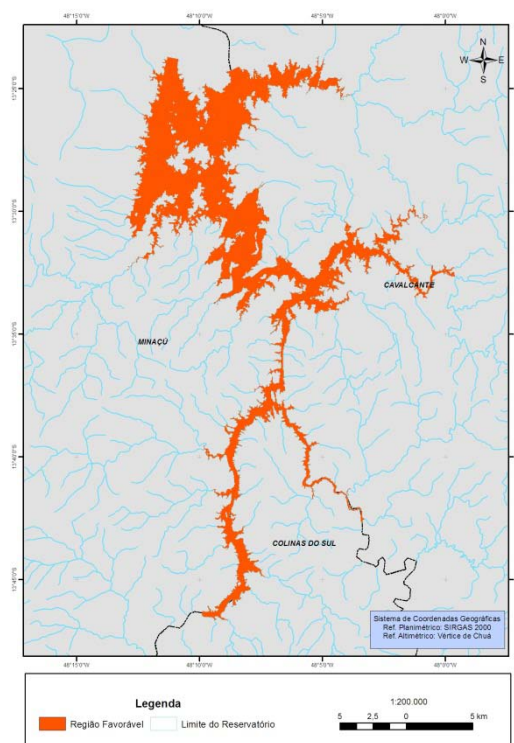


Figura 4 Mapa de demonstração das regiões favoráveis e não favoráveis ao desenvolvimento da aquicultura na UHE de Cana Brava, de acordo com os valores de Nitrato.

6.2.4.6. MAPA DE FOSFORO TOTAL

O mapa temático com os valores de Fósforo Total na extensão do reservatório em estudo foi reclassificado e os valores dos pixels desta reclassificação podem ser observados na tabela 6. O mapa demonstrando as regiões favoráveis e desfavoráveis para o desenvolvimento da aquicultura no reservatório em estudo levando em consideração os valores de Nitrato na extensão deste pode ser observado na figura 5.

Tabela 6 Valores de Fósforo Total

Variáveis Químicas			
Análise		Condição	Reclassificar
Fosforo Total	0 mg/L	Favorável	3

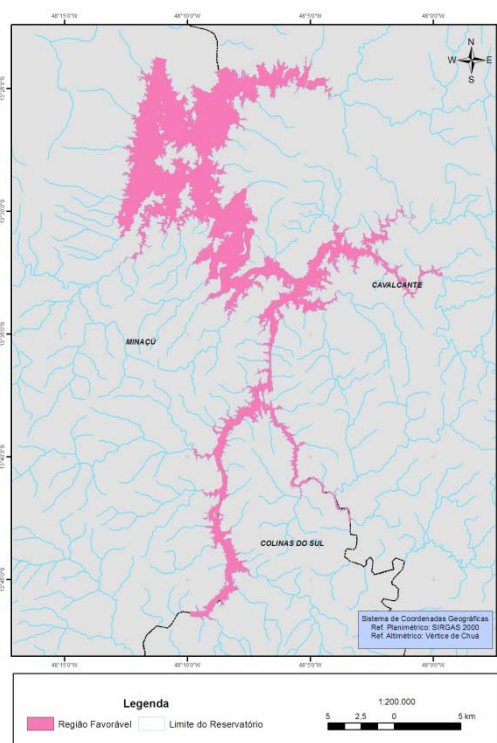


Figura 5 Mapa de demonstração das regiões favoráveis e não favoráveis ao desenvolvimento da aquícultura na UHE de Cana Brava, de acordo com os valores de Fósforo Total.

6.2.4.7. MAPA DE NITRITO

O mapa temático com os valores de Nitrito na extensão do reservatório em estudo foi reclassificado e os valores dos pixels desta reclassificação podem ser observados na tabela 7. O mapa demonstrando as regiões favoráveis e desfavoráveis para o desenvolvimento da aquícultura no reservatório em estudo levando em consideração os valores de Nitrito na extensão deste pode ser observado na figura 6.

Tabela 7 Valores de Nitrito

Variáveis Químicas			
Análise		Condição	Reclassificar
Nitrito	0 mg/L	Favorável	30

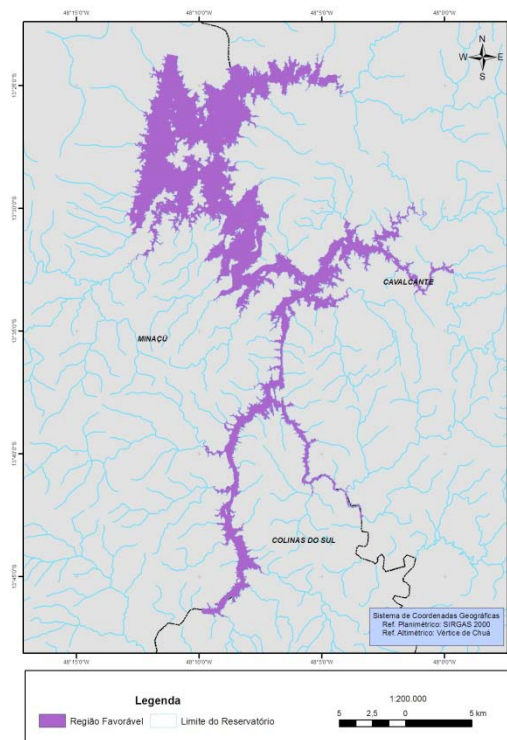


Figura 6 Mapa de demonstração das regiões favoráveis e não favoráveis ao desenvolvimento da aquícultura na UHE de Cana Brava, de acordo com os valores de Nitrito.

6.2.4.8. MAPA DE ORTOFOSFATOS

O mapa temático com os valores de ortofosfatos na extensão do reservatório em estudo foi reclassificado e os valores dos pixels desta reclassificação podem ser observados na tabela 8. O mapa demonstrando as regiões favoráveis e desfavoráveis para o desenvolvimento da aquícultura no reservatório em estudo levando em consideração os valores de ortofosfatos na extensão deste pode ser observado na figura 7.

Tabela 8 Valores de Ortofosfatos

Variáveis Químicas			
Análise		Condição	Reclassificar
Ortofosfatos	0 mg/L	Favorável	4

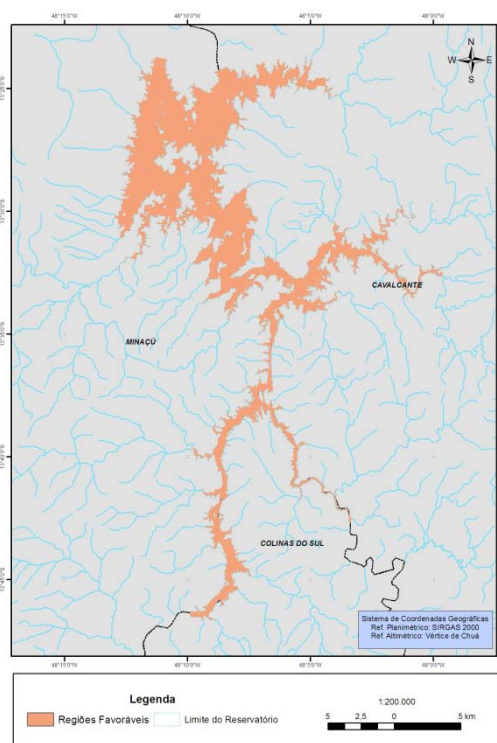


Figura 7 Mapa de demonstração das regiões favoráveis e não favoráveis ao desenvolvimento da aquicultura na UHE de Cana Brava, de acordo com os valores de Ortofosfatos.

6.2.4.9. MAPA DE SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (STD)

O mapa temático com os valores de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) na extensão do reservatório em estudo foi reclassificado e os valores dos pixels desta reclassificação podem ser observados na tabela 9. O mapa demonstrando as regiões favoráveis e desfavoráveis para o desenvolvimento da aquicultura no reservatório em estudo levando em consideração os valores de STD na extensão deste pode ser observado na figura 8.

Tabela 9 Valores de Sólidos Totais Dissolvidos

Variáveis Químicas			
Análise		Condição	Reclassificar
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	70-120mg/L	Favorável	40

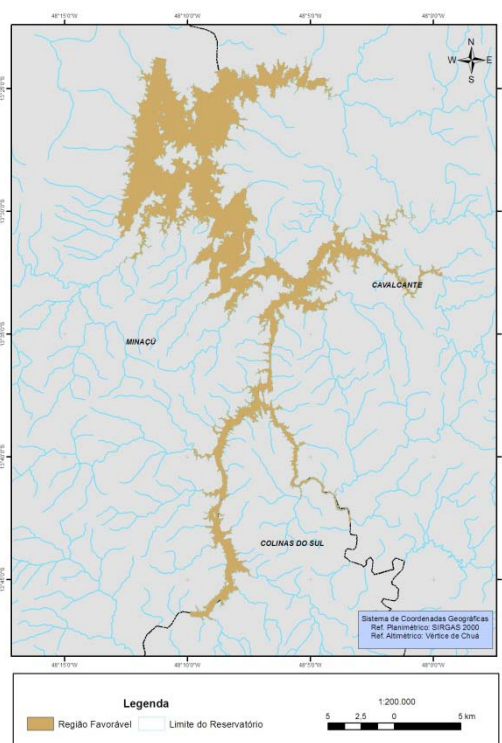


Figura 8 Mapa de demonstração das regiões favoráveis e não favoráveis ao desenvolvimento da aquicultura na UHE de Cana Brava, de acordo com os valores de STD.

6.2.4.10. MAPA DE TEMPERATURA

O mapa temático com os valores de Temperatura na extensão do reservatório em estudo foi reclassificado e os valores dos pixels desta reclassificação podem ser observados na tabela 10. O mapa demonstrando as regiões favoráveis e desfavoráveis para o desenvolvimento da aquicultura no reservatório em estudo levando em consideração os valores da temperatura na extensão deste pode ser observado na figura 9.

Tabela 10 Valores de Temperatura

Variáveis Físicas			
Análise		Condição	
Temperatura	25°C a 26°C	Não Favorável	10
	26°C a 28°C	Favorável	20

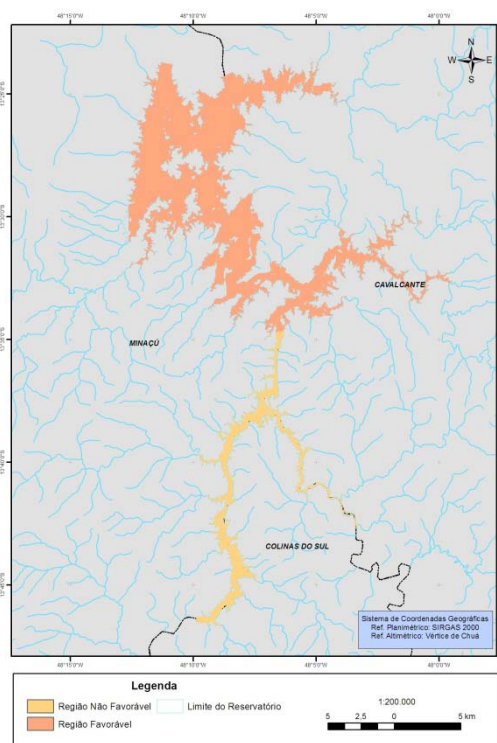


Figura 9 Mapa de demonstração das regiões favoráveis e não favoráveis ao desenvolvimento da aquicultura na UHE de Cana Brava, de acordo com os valores de Temperatura.

6.2.4.11. MAPA DE PROFUNDIDADE

O dado com os valores de profundidade, originalmente encontrava-se em formato vetorial. Desta forma, foi realizada a transformação para o formato raster, a fim de, possibilitar o cruzamento com os outros dados analisados. Essa conversão foi realizada no *software* ArcGIS 10.2, por meio do módulo *Conversion Tools*, na função *To Raster*→*Feature to Raster*.

O mapa temático com os valores de profundidade na extensão do reservatório em estudo foi reclassificado e os valores dos pixels desta reclassificação podem ser observados na tabela 11. O mapa demonstrando as regiões favoráveis e desfavoráveis para o desenvolvimento da aquicultura no reservatório em estudo levando em consideração os valores da temperatura na extensão deste pode ser observado na figura 10.

Tabela 11 Valores de Profundidade

Variáveis Físicas			
Análise		Condição	
Batimetria	1-4 m	Não Favorável	1
	> 4 m	Favorável	2

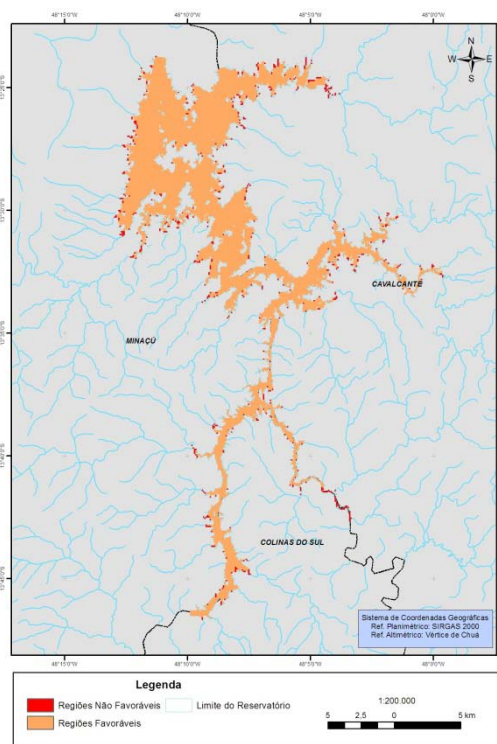


Figura 10 Mapa de demonstração das regiões favoráveis e não favoráveis ao desenvolvimento da aquícultura na UHE de Cana Brava, de acordo com os valores de profundidade.

6.2.5. CRUZAMENTOS

Foram realizados cruzamentos entre os mapas apresentados anteriormente, a fim de, identificar as áreas de favorabilidade para a aquícultura. Os cruzamentos foram realizados no *software* ArcGIS 10.2, por meio do módulo *Spatial Analyst Tools*, na função *Map Algebra* → *Raster Calculator*, gerando os mapas finais a serem analisados no presente trabalho.

A partir destes cruzamentos, análises multi-critério, foram gerados mapas de regiões de favorabilidade para o desenvolvimento da aquícultura no reservatório em estudo.

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1. CRUZAMENTOS PARÂMETROS QUÍMICOS

A partir das análises multi-critério realizadas foram gerados mapas demonstrando áreas de favorabilidade para o desenvolvimento da atividade de aquicultura. Os parâmetros bioquímicos utilizados, a fim de, se obter os resultados finais foram pH, Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (BDO), Nitrato, Nitrito, Sólidos Totais Dissolvidos (STD), Ortofosfatos e Fósforo Total (PT). Além desses parâmetros, foram utilizados nas análises multi-critério a temperatura e profundidade do reservatório.

Além desses parâmetros bioquímicos e físicos, foram observados alguns dados de influência na implantação de áreas e parques aquícolas no reservatório. Sendo eles, áreas de paliteiro, áreas de abrangência de áreas de proteção ambiental e zona de depleção.

Nos mapas individuais para cada um dos parâmetros químicos analisados foi observado que, com exceção do Oxigênio Dissolvido e do pH, se mantiveram constantes ao longo do reservatório quando analisados quanto aos intervalos já descritos na literatura como ótimos para a aquicultura. Esta constância indicou que o reservatório da Usina Hidrelétrica de Cana Brava, como um todo, é favorável ao desenvolvimento da aquicultura considerando os parâmetros DBO, Nitrato, Nitrito, STD, Ortofosfatos e PT.

Sendo assim, observou-se que ao realizar as análises multi-critério entre os mapas dos parâmetros químicos analisados, os parâmetros determinantes para a indicação de regiões de favorabilidade dentro do reservatório foram o pH e o Oxigênio Dissolvido.

7.1.1. CRUZAMENTO – MAPA 1

Ao realizar o cruzamento entre os mapas de pH e OD por meio do método booleano, o resultado da análise multi-critério efetuada foram que duas porções do reservatório são favoráveis ao desenvolvimento da atividade de aquicultura. Essas porções são a porção central e nordeste do reservatório de Cana Brava, entre os municípios de Minaçu/GO e Cavalcante/GO, como pode ser observado no mapa 1. Os resultados obtidos nesta análise são compatíveis com as características do método de inferência geográfica utilizado, sendo a favorabilidade apresentada em forma de polígonos que representam as classes favorável e não favorável.

Esses dois parâmetros químicos são essenciais a serem avaliados em estudo para identificar a viabilidade e os locais de favorabilidade para o desenvolvimento da atividade aquícola.

O potencial hidrogeniônico (pH) é de extrema importância, uma vez que, proteínas e outras substâncias para serem absorvidas pelos seres vivos dependem da interação química com os íons H⁺. Ainda, enzimas podem ser desnaturadas se houver uma expressiva alteração na faixa ótima de pH,

alterando, desta forma, o metabolismo dos seres vivos. Estas alterações permitem uma maior susceptibilidade dos organismos ao ataque de patógenos e a outros estresses (DURIGAN, J. G et al. 1992).

O Oxigênio dissolvido também é visto com grande cautela pelos especialistas em aquicultura, pois está entre os maiores limitantes de produtividade nos sistemas de cultivo (BOYD & WATTEN 1989). Peixes expostos a baixas concentrações de OD tem seu crescimento diminuído, não consomem e não convertem o alimento, têm sua capacidade reprodutiva afetada, entre outros prejuízos (WU 2002).

7.1.2. CRUZAMENTO – MAPA 2

O mapa resultante do cruzamento simples, entre os mapas dos parâmetros de pH e oxigênio dissolvido foi cruzado com o mapa de demanda bioquímica de oxigênio. Como já mencionado anteriormente, o reservatório em estudo pode ser considerado em toda a sua extensão favorável, considerando os parâmetros OD e pH. Desta forma, as áreas favoráveis ao desenvolvimento da aquicultura no reservatório se mantiveram as mesmas, a porção central e nordeste do reservatório de Cana Brava, entre os municípios de Minaçu/GO e Cavalcante/GO, como pode ser observado no mapa2. Os resultados obtidos nesta análise são compatíveis com as características do método de inferência geográfica utilizado, sendo a favorabilidade apresentada em forma de polígonos que representam as classes favorável e não favorável.

A demanda bioquímica de oxigênio consiste em um parâmetro essencial na atividade de aquicultura e é levado em consideração na escolha do local a ser implantado um sistema para a criação de peixes. Isso ocorre devido a DBO ser um dos principais indicadores de presença de matéria orgânica no corpo hídrico, e expressa a preservação do corpo d'água em relação à contaminantes (Hudson-Edwards, K. *Aet al.* 2003).

7.1.3. CRUZAMENTO – MAPA 3

O mapa resultante do cruzamento simples, entre os mapas dos parâmetros de pH, oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio foi cruzado com o mapa de Nitrato. Como já mencionado anteriormente, o reservatório em estudo pode ser considerado em toda a sua extensão favorável, considerando os parâmetros OD e pH. Desta forma, as áreas favoráveis ao desenvolvimento da aquicultura no reservatório se mantiveram as mesmas, a porção central e nordeste do reservatório de Cana Brava, entre os municípios de Minaçu/GO e Cavalcante/GO, como pode ser observado no mapa 3. Os resultados obtidos nesta análise são compatíveis com as características do método de inferência geográfica utilizado, sendo a favorabilidade apresentada em forma de polígonos que representam as classes favorável e não favorável.

A presença de nitrato em grandes quantidades no sistema de cultivo é fator determinante para a continuidade do sistema. O nitrato é considerado uma substância com baixa toxicidade, mas, por ser o produto final da nitrificação, pode acumular-se em grandes quantidades. Nesta situação, poderá causar efeitos letais ou subletais em diferentes organismos ou, ainda, atuar sinergicamente com as outras formas nitrogenadas (OSTRENSKY, 1997).

7.1.4. CRUZAMENTO – MAPA 4

O mapa resultante do cruzamento simples, entre os mapas dos parâmetros de pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio e Nitrato foi cruzado com o mapa de Fósforo Total (PT). Como já mencionado anteriormente, o reservatório em estudo pode ser considerado em toda a sua extensão favorável, considerando os parâmetros OD e pH. Desta forma, as áreas favoráveis ao desenvolvimento da aquicultura no reservatório se mantiveram as mesmas, a porção central e nordeste do reservatório de Cana Brava, entre os municípios de Minaçu/GO e Cavalcante/GO, como pode ser observado no mapa 4. Os resultados obtidos nesta análise são compatíveis com as características do método de inferência geográfica utilizado, sendo a favorabilidade apresentada em forma de polígonos que representam as classes favorável e não favorável.

O fósforo é um dos mais importante mineral para peixes, devido principalmente às necessidades para formação óssea e para o metabolismo dos nutrientes. O fósforo é também importante na manutenção da homeostase e nas funções muscular e nervosa. As exigências nutricionais de fósforo variam com a espécie, o tamanho do peixe, a disponibilidade nos ingredientes e com a densidade nutricional do alimento. A concentração deste nutriente está intimamente ligada com os ingredientes alimentícios utilizados (QUINTERO-PINTO *et al.* 2011).

7.1.5. CRUZAMENTO – MAPA 5

O mapa resultante do cruzamento simples, entre os mapas dos parâmetros de pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato e fósforo total (PT) foi cruzado com o mapa de Nitrito. Como já mencionado anteriormente, o reservatório em estudo pode ser considerado em toda a sua extensão favorável, considerando os parâmetros OD e pH. Desta forma, as áreas favoráveis ao desenvolvimento da aquicultura no reservatório se mantiveram as mesmas, a porção central e nordeste do reservatório de Cana Brava, entre os municípios de Minaçu/GO e Cavalcante/GO, como pode ser observado no mapa 5. Os resultados obtidos nesta análise são compatíveis com as características do método de inferência geográfica utilizado, sendo a favorabilidade apresentada em forma de polígonos que representam as classes favorável e não favorável.

O nitrito, composto intermediário na nitrificação bacteriana da amônia a nitrato, pode vir a ser muito tóxico, dependendo de sua concentração no meio e do estágio de desenvolvimento do organismo

cultivado (THURSTONE e RUSSO, 1978). Sendo assim, é importante o monitoramento do local a ser implantado o sistema de produção, a fim de, evitar problemas de toxicidade.

7.1.6. CRUZAMENTO – MAPA 6

O mapa resultante do cruzamento simples, entre os mapas dos parâmetros de pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fósforo total (PT) e nitrito foi cruzado com o mapa de ortofosfatos. Como já mencionado anteriormente, o reservatório em estudo pode ser considerado em toda a sua extensão favorável, considerando os parâmetros OD e pH. Desta forma, as áreas favoráveis ao desenvolvimento da aquicultura no reservatório se mantiveram as mesmas, a porção central e nordeste do reservatório de Cana Brava, entre os municípios de Minaçu/GO e Cavalcante/GO, como pode ser observado no mapa 6. Os resultados obtidos nesta análise são compatíveis com as características do método de inferência geográfica utilizado, sendo a favorabilidade apresentada em forma de polígonos que representam as classes favorável e não favorável.

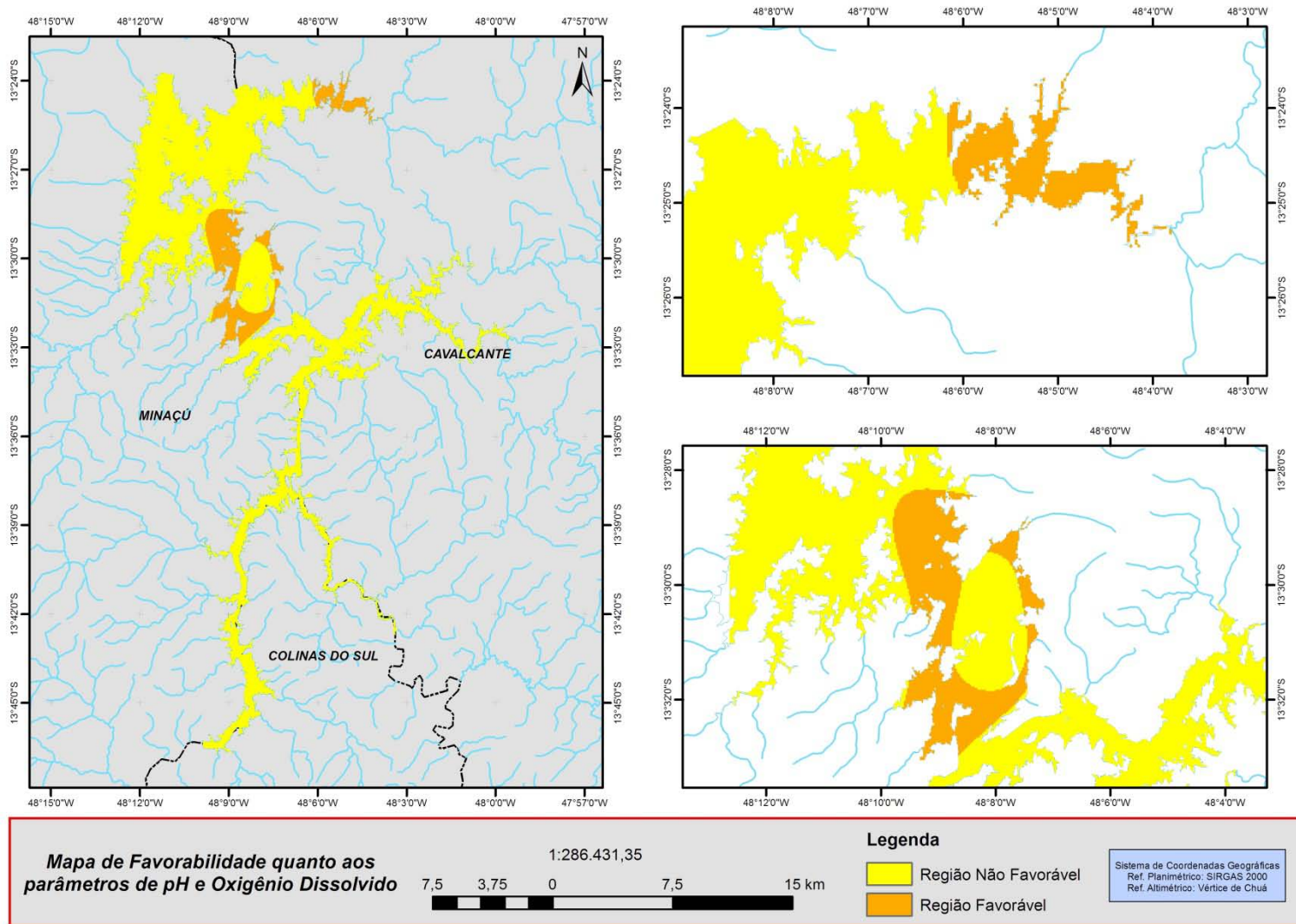
Os ortofosfatos representam uma forma de apresentação do fósforo e possui a mesma importância do parâmetro fósforo total, já discutido anteriormente.

7.1.7. CRUZAMENTO – MAPA 7

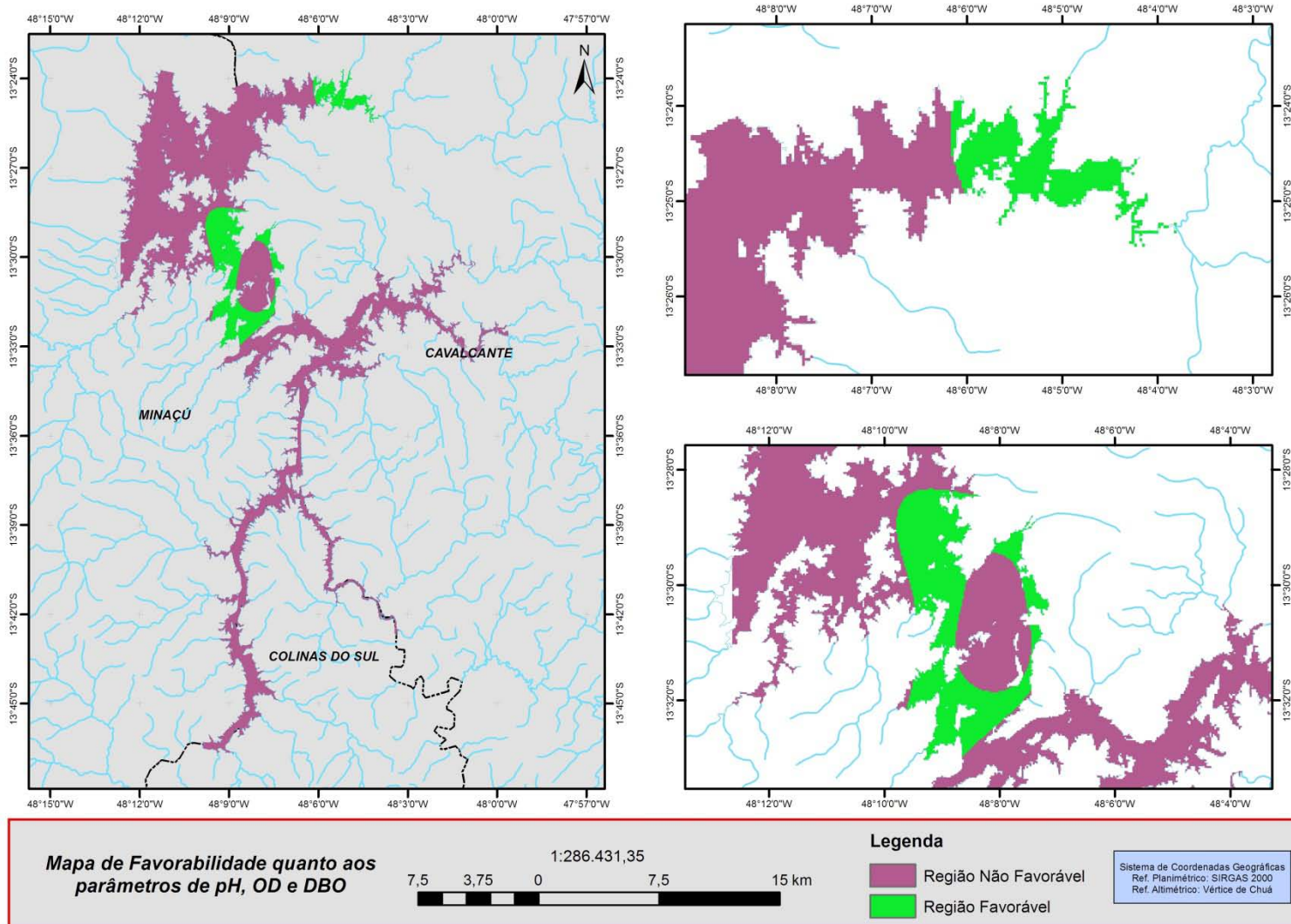
O mapa resultante do cruzamento simples, entre os mapas dos parâmetros de pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fósforo total, nitrito e ortofosfatos foi cruzado com o mapa de sólidos totais dissolvidos (STD). Como já mencionado anteriormente, o reservatório em estudo pode ser considerado em toda a sua extensão favorável, considerando os parâmetros OD e pH. Desta forma, as áreas favoráveis ao desenvolvimento da aquicultura no reservatório se mantiveram as mesmas, a porção central e nordeste do reservatório de Cana Brava, entre os municípios de Minaçu/GO e Cavalcante/GO, como pode ser observado no mapa 7. Os resultados obtidos nesta análise são compatíveis com as características do método de inferência geográfica utilizado, sendo a favorabilidade apresentada em forma de polígonos que representam as classes favorável e não favorável.

O parâmetro sólidos totais dissolvidos representa a soma de todos os constituintes químicos envolvidos na água e mede a concentração de substâncias iônicas na água. É um parâmetro de determinação de qualidade estética da água, está intimamente relacionado a turbidez da água. Se torna essencial a verificação desse parâmetro no local a ser implementado o sistema de aquicultura devido a importância deste parâmetro na criação de peixes. Está relacionado com a lixiviação ao redor de corpos hídricos e, assim, ao nível de preservação da vegetação do entorno. Além disso, pode ser influenciado pelas correntes e vazão do corpo hídrico (EMBRAPA 2011).

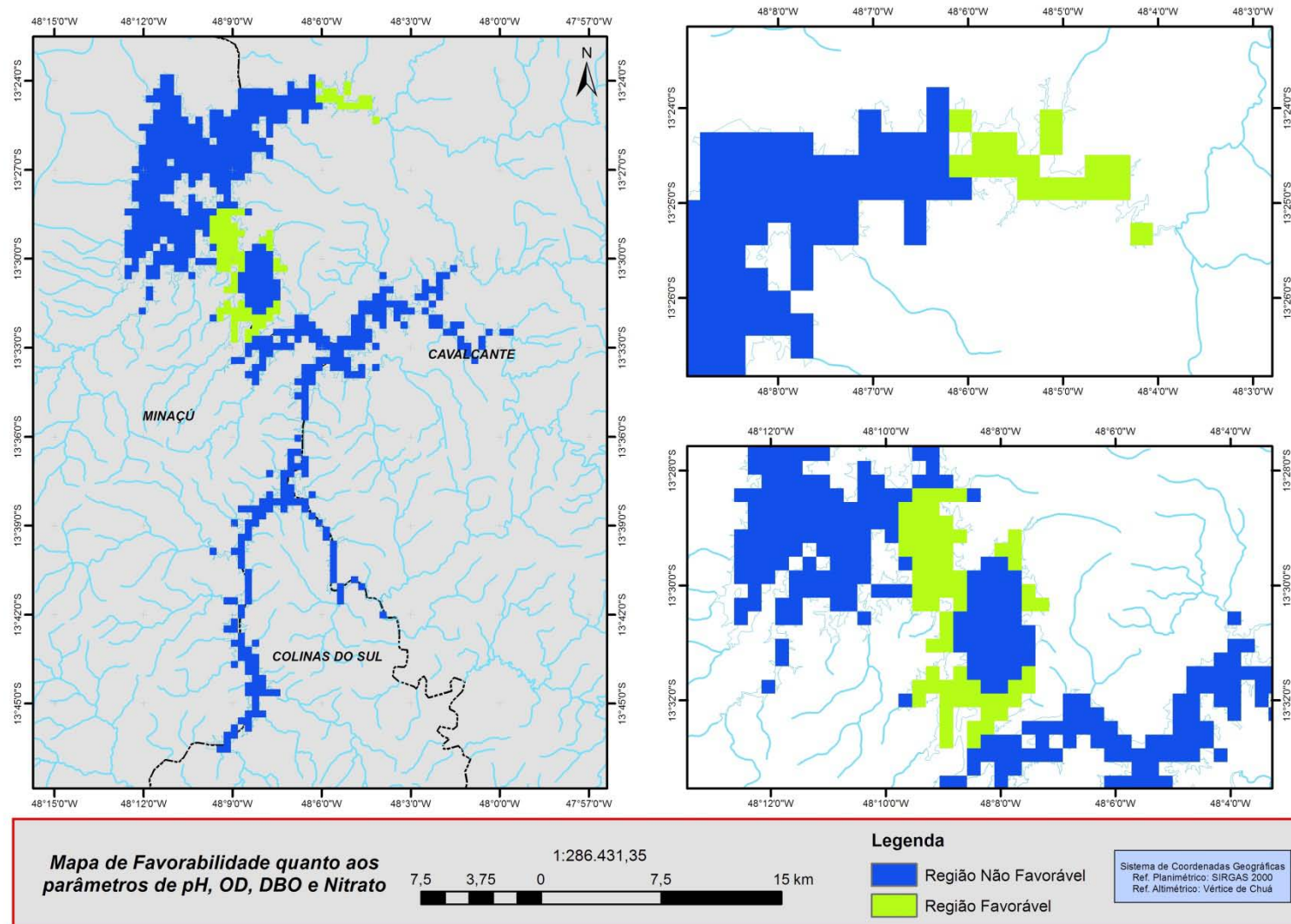
Mapa 2 Mapa Cruzamento 1 - pH x OD



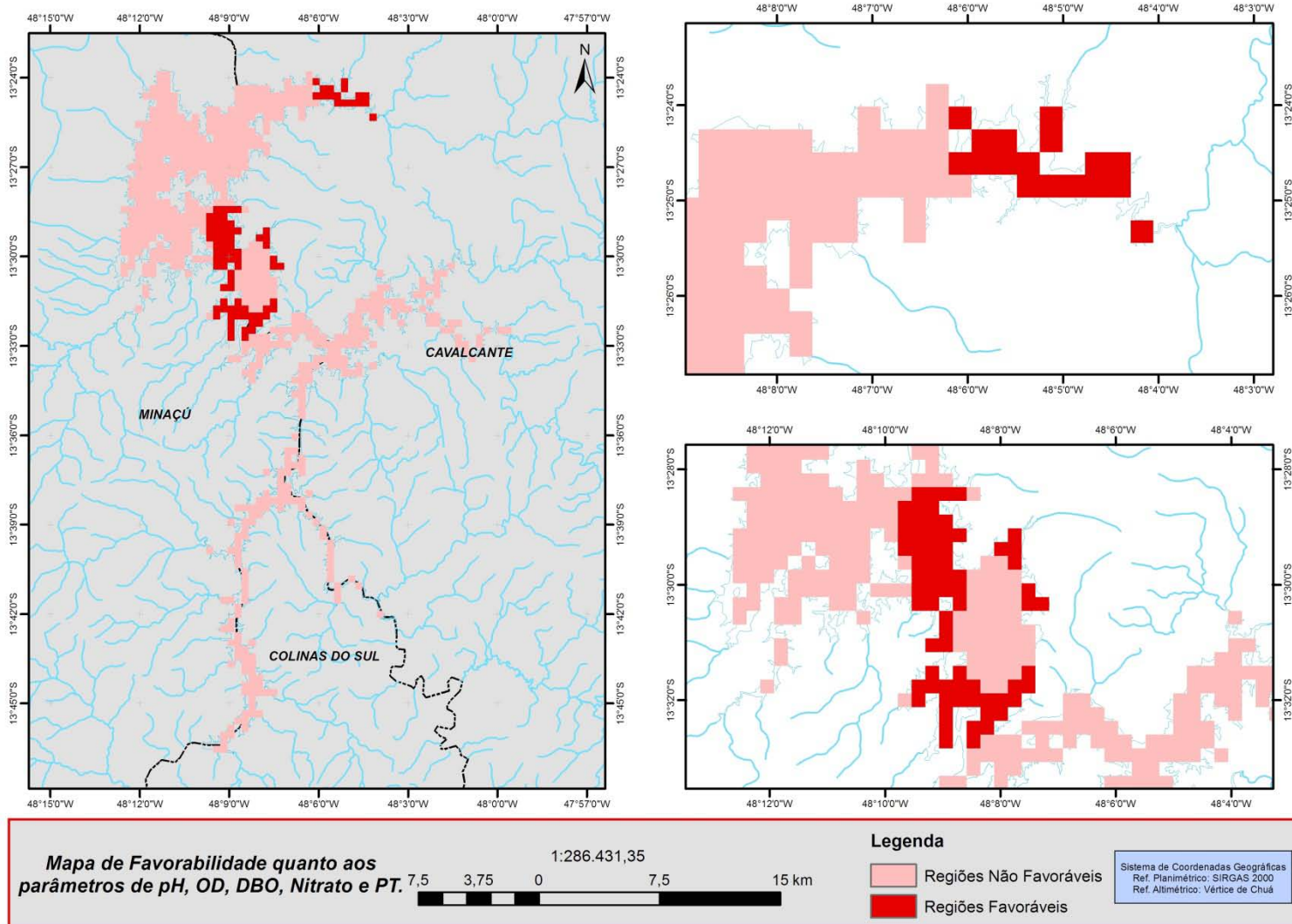
Mapa 3 Mapa Cruzamento- pH x OD x DBO



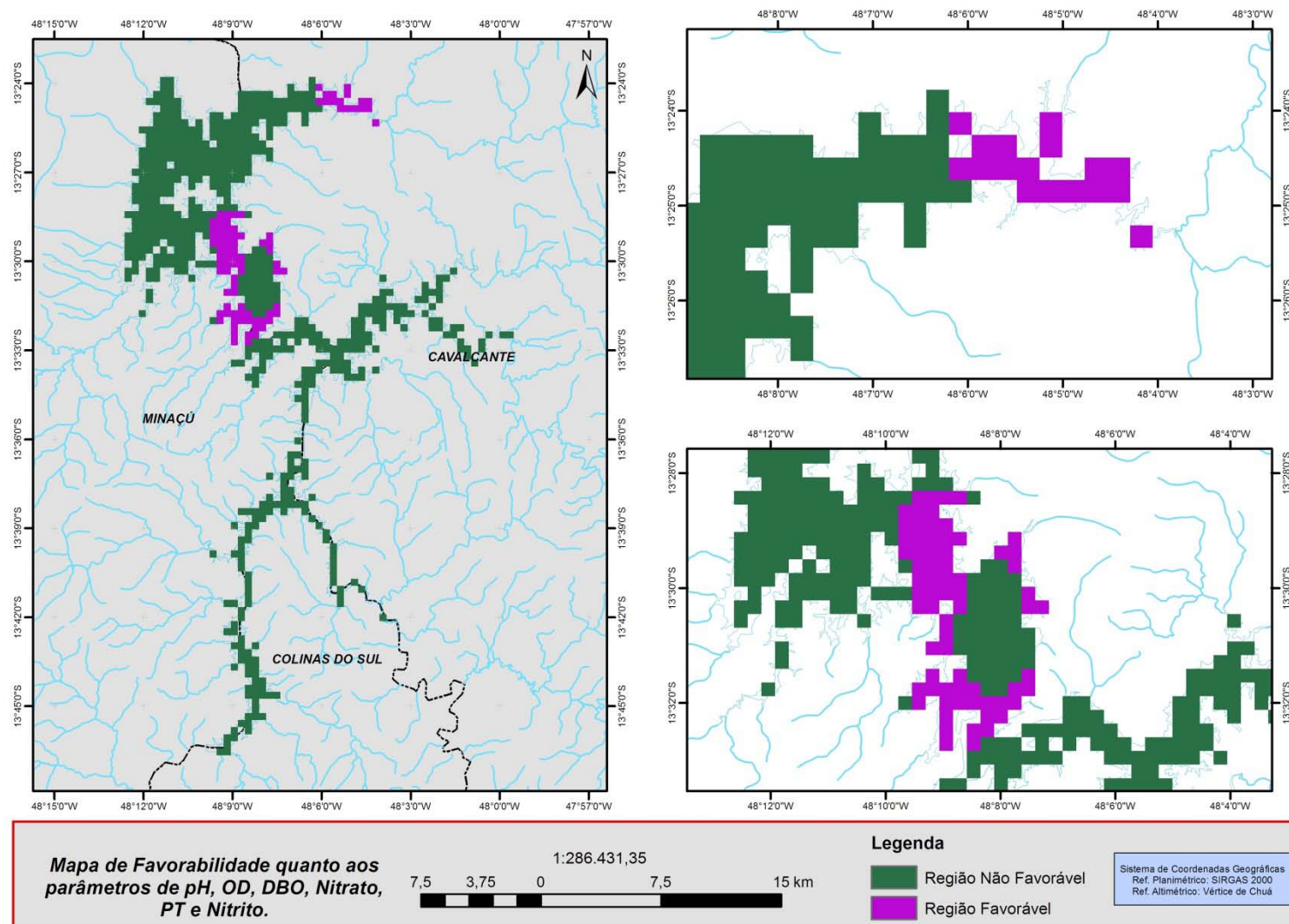
Mapa 4 Mapa Cruzamento - pH x OD x DBO x Nitrato



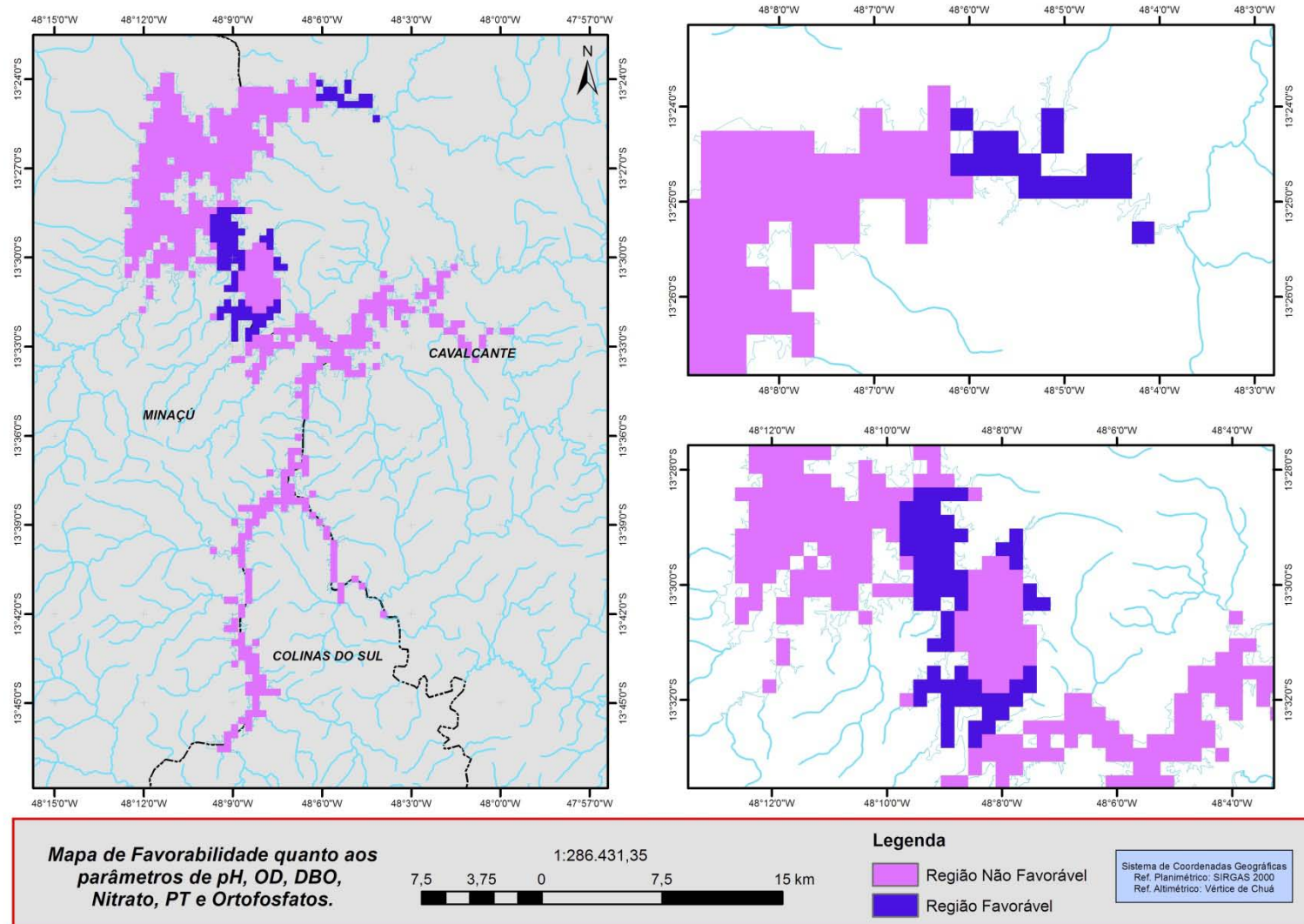
Mapa 5 Cruzamento - pH x OD x DBO x Nitrato x PT



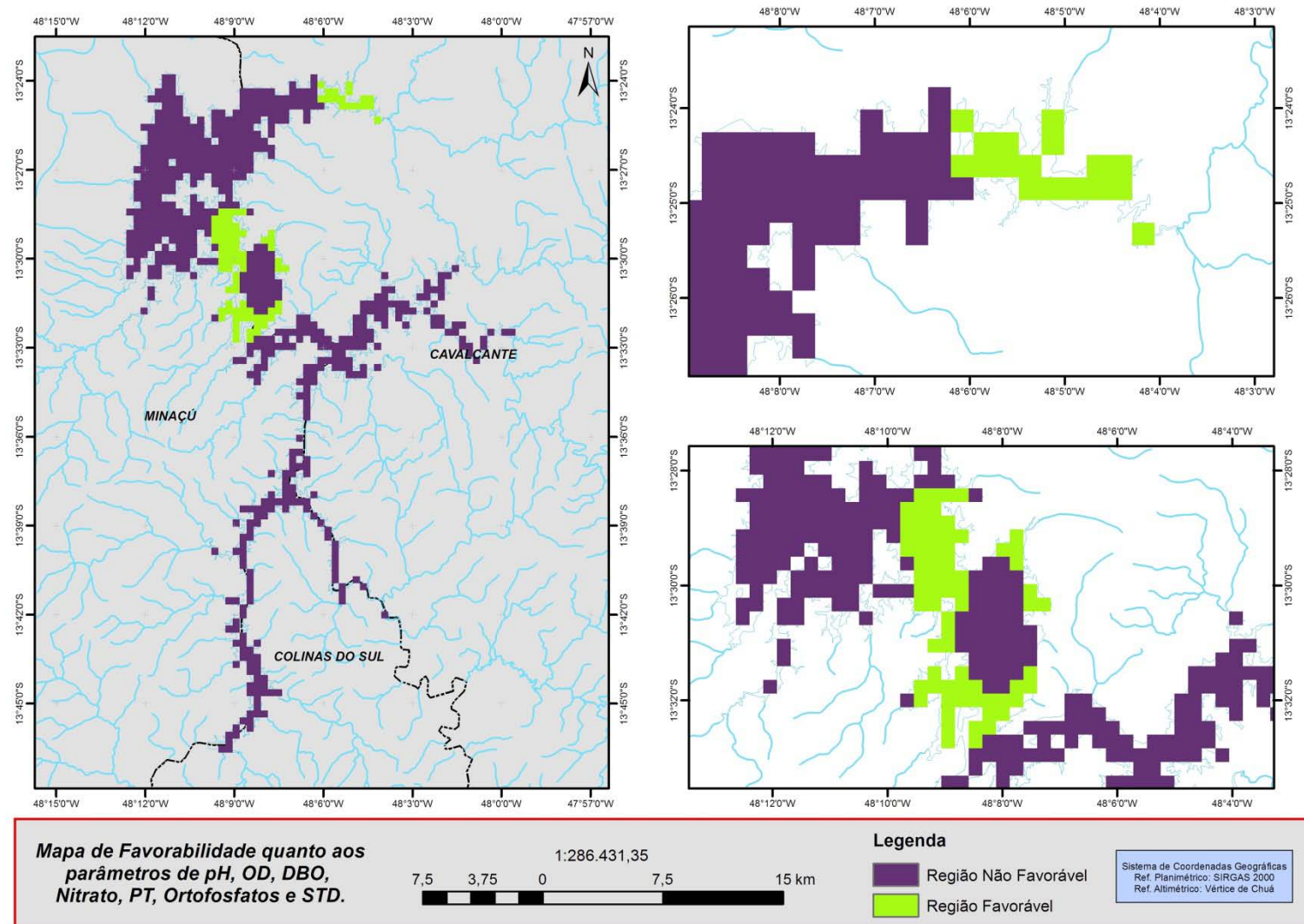
Mapa 6 Cruzamento - pH x OD x DBO x Nitrato x PT x Nitrito



Mapa 7Cruzamento - pH x OD x DBO x Nitrato x PT x Nitrito xOrtofosfatos



Mapa 8 Cruzamento - pH x OD x DBO x Nitrato x Fosfato x Nitrito x Ortofosfato x STD



7.2. CRUZAMENTO PARÂMETROS FÍSICOS

7.2.1. CRUZAMENTO – MAPA 8

Além dos parâmetros bioquímicos já discutidos anteriormente, foram analisados parâmetros físicos que influenciam diretamente na atividade de aquicultura. Esses parâmetros não podem deixar de ser incluídos nas análises multi-critério realizadas, uma vez que, são essenciais à implantação da atividade no reservatório.

Os parâmetros físicos a serem cruzados foram a temperatura e a profundidade do reservatório, gerando um mapa final de favorabilidade quanto aos aspectos físicos analisados. Foi possível observar que de acordo com estes parâmetros a extensão norte do reservatório da Usina Hidrelétrica de Cana Brava é favorável a implantação da atividade aquícola, exceto regiões localizadas muito nas extremidades dos braços do reservatório. Essas regiões não favoráveis próximas às extremidades são em virtude da profundidade do reservatório, tendo em vista que a profundidade mínima para implantação da atividade em estudo é de 4 metros. Essas áreas não favoráveis são regiões muito próximas da margem, que possuem menos de 4 metros de profundidade.

Podemos observar no mapa 8 que a porção sul do reservatório foi classificada como desfavorável à atividade. Isso se deve ao parâmetro de temperatura que, como podemos observar na figura 9, de acordo com a reclassificação apresentou resultados desfavoráveis à porção sul do reservatório para a implantação da aquicultura, de acordo com o intervalo ótimo já pré-estabelecido.

Esses parâmetros físicos analisados são de extrema importância no manejo de animais na aquicultura. A temperatura da água é um dos fatores mais importantes nos fenômenos biológicos exigentes em um viveiro. Todas as atividades fisiológicas dos peixes (respiração, digestão, excreção, alimentação, movimentos) estão intimamente ligadas à temperatura da água. Quanto mais alta a temperatura, maior a atividade dos peixes e conseqüentemente, maior o consumo de oxigênio. Trata-se de importante fator ecológico, tanto pela influência direta que pode exercer sobre os vários tipos de organismos, como pela relação com o teor de gases dissolvidos (BRANCO 1986).

A profundidade também consiste em um parâmetro muito importante a ser avaliado, em se tratando da escolha do local a ser implantado o sistema. Isso deve-se a necessidade de uma profundidade razoável para se instalar as estruturas de amarração do tanque de piscicultura. Além disso, é importante que seja um local de não muita variação do nível da água, mantendo-se pelo menos o mínimo recomendado (MPA 2010).

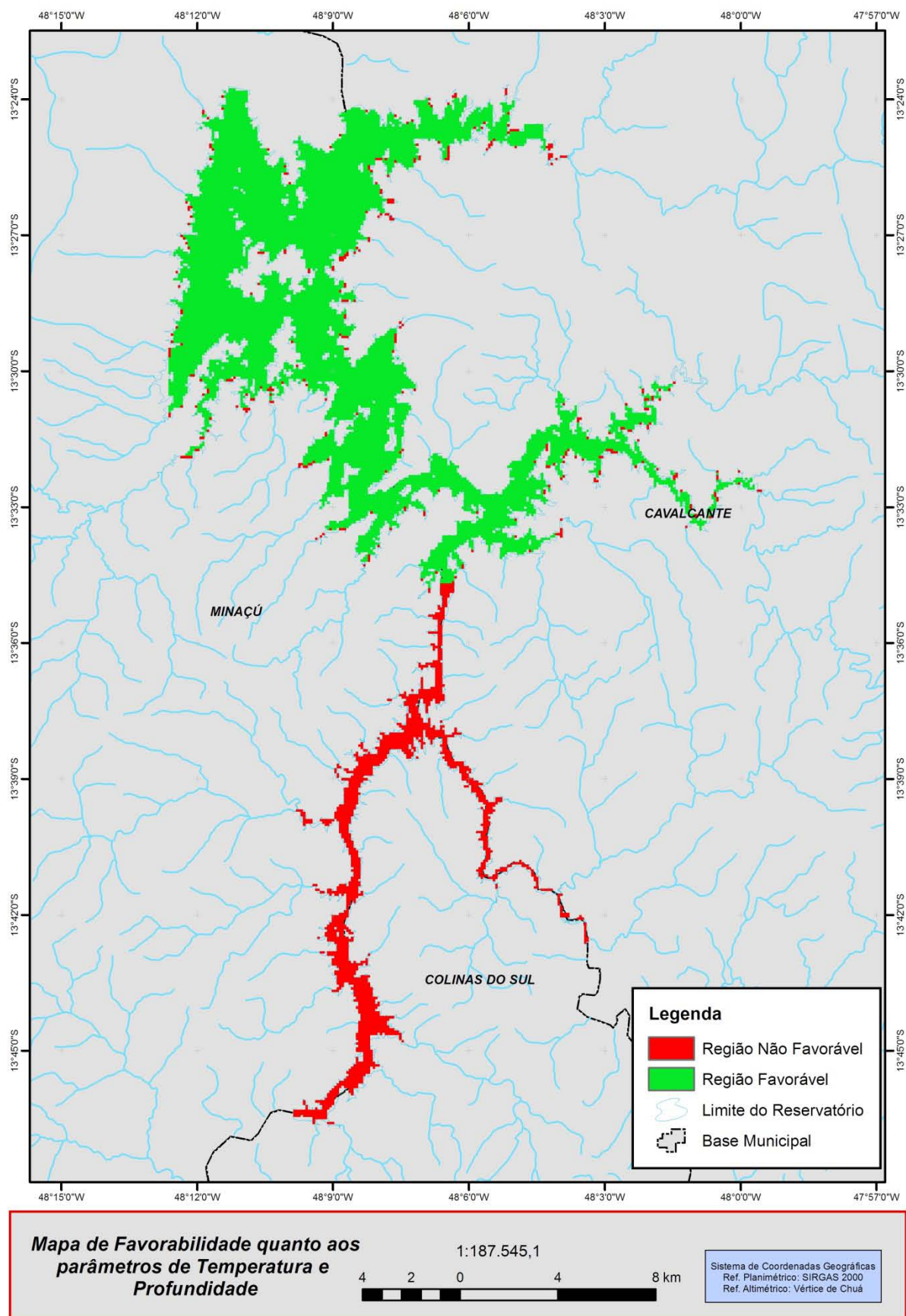
7.3. CRUZAMENTO PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS

7.3.1. CRUZAMENTO FINAL

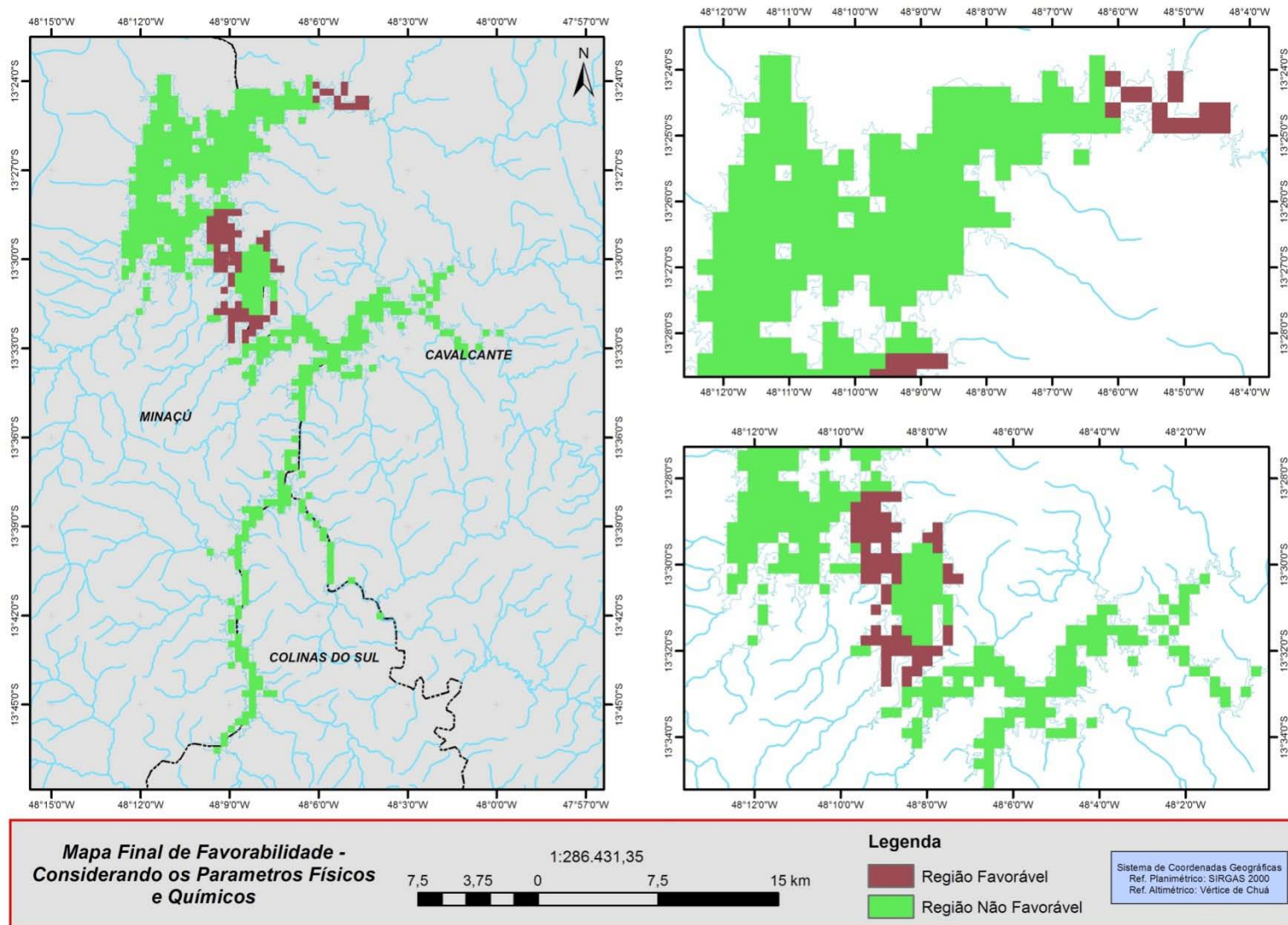
A fim de mesclar as informações dos resultados dos cruzamentos dos parâmetros químicos com o resultado dos parâmetros físicos integrados, foi realizada uma integração dos dados espaciais químicos e físicos objetivando-se gerar um mapa final de favorabilidade para a atividade aquícola no reservatório em estudo.

Observando-se o mapa 9 é possível identificar as áreas de favorabilidade quanto aos aspectos químicos e físicos analisados como a porção central e a porção nordeste do reservatório. Sendo excluída a porção sul do reservatório, sendo classificada como não favorável ao desenvolvimento da atividade.

Mapa 9 - Cruzamento Parâmetros Físicos - Temperatura x Profundidade



Mapa 10 Mapa Final de Favorabilidade - Parâmetros Físicos e Químicos



7.4. OUTROS FATORES DETERMINANTES

7.4.1. UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

As Unidades de Conservação são fatores determinantes à escolha de locais adequados a implantação de sistemas de produção aquícola, uma vez que, a atividade de aquicultura fica restringida nessas áreas, sendo, portanto, imprescindível limitar as regiões do reservatório abrangidas por APA's.

As áreas de favorabilidade definidas utilizando a metodologia booleana não se sobrepuseram à área de proteção ambiental Pouso Alto, que abrange parte do reservatório da Usina Hidrelétrica de Cana Brava, como pode ser observado no mapa 10.

7.4.2. ZONA DE DEPLECIONAMENTO

Um fator muito importante a ser considerado é a variação do nível da água em época de cheia e seca no reservatório. Isto é importante devido a necessidade de produção durante todo o ano e instalação permanente das estruturas de cultivo sem comprometê-las. A zona de deplecionamento são regiões que não ficam alagadas durante todo o ano, secam durante a época da seca. Nenhum empreendimento aquícola pode ser implantado nesta região devido a diversos problemas que podem ser ocasionados.

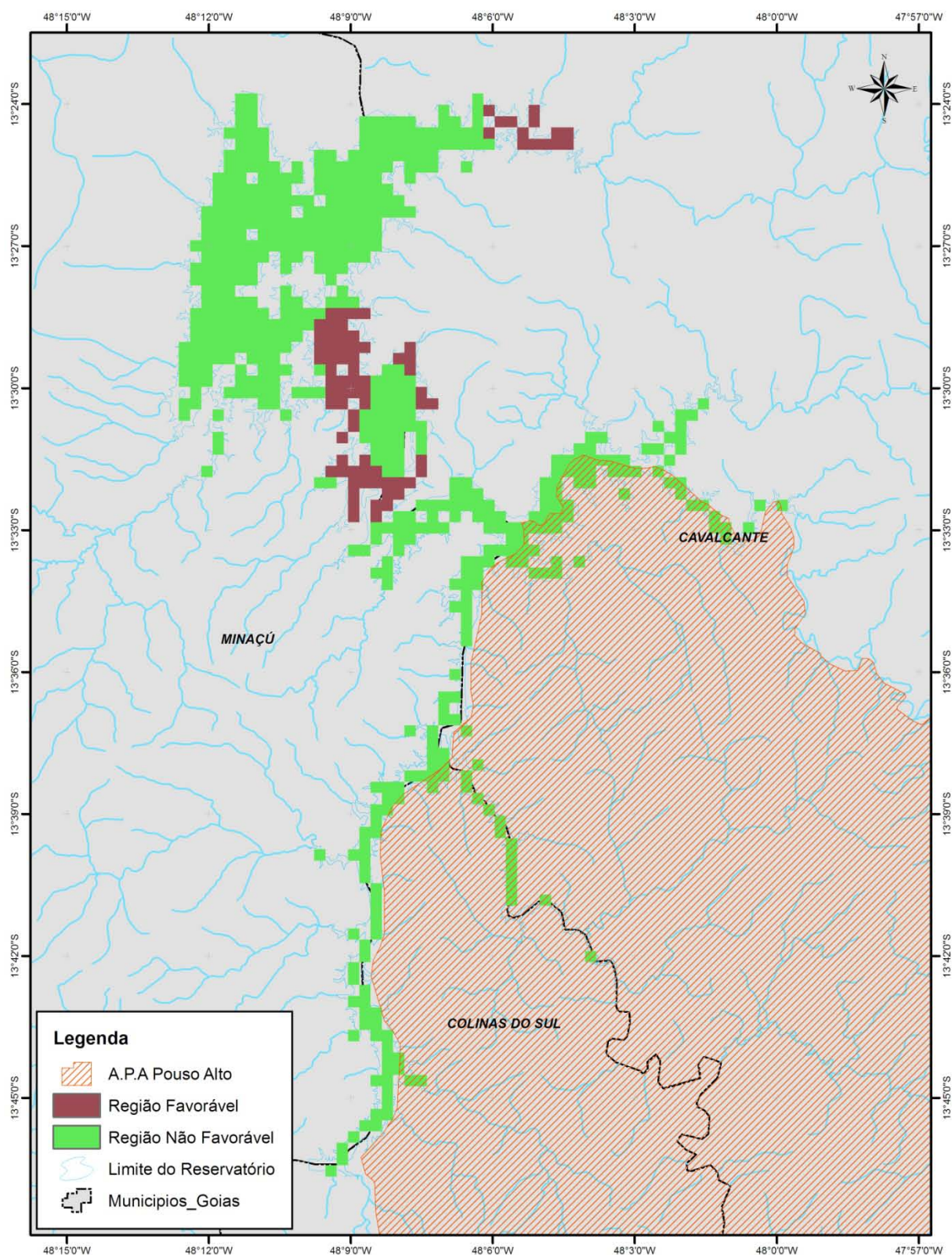
O mapa 11 possibilitou observar a ocorrência da zona de deplecionamento dentro do reservatório em contraposição com as regiões propostas nas análises multi-critério efetuadas.

7.4.3. ÁREAS DE PALITEIROS

As áreas de paliteiros são regiões contendo fragmentos de mata ripária submersa ou semi-submersa no reservatório (também denominada de “paliteiros”). Essas regiões devem ser identificadas, visando a não alocação de áreas de cultivo nessas regiões. Isso é imprescindível, uma vez que, nestas áreas ocorre impossibilidade de instalação das estruturas de cultivo e com a variação do nível d'água do reservatório mesmo se estas estruturas já estiverem instaladas no local podem ser danificadas pelos fragmentos de mata ripária.

O mapa 12 possibilitou a observação dessas regiões previamente identificadas dentro do reservatório em contraposição com as regiões propostas nas análises multi-critério realizadas.

Mapa 11 Mapa de Unidades de Conservação



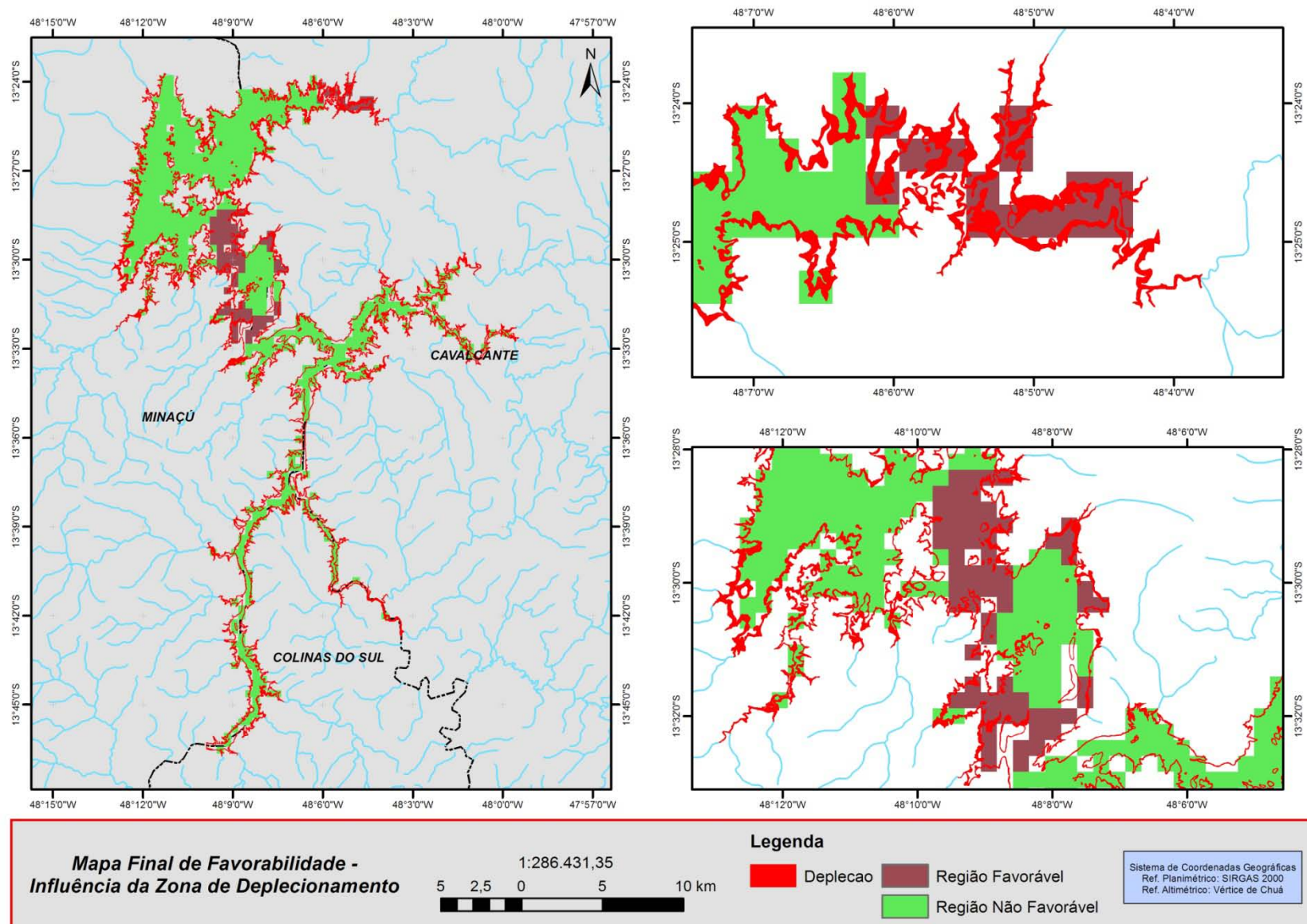
**Mapa Final de Favorabilidade -
Influência de Unidades de Conservação**

1:184.998,19

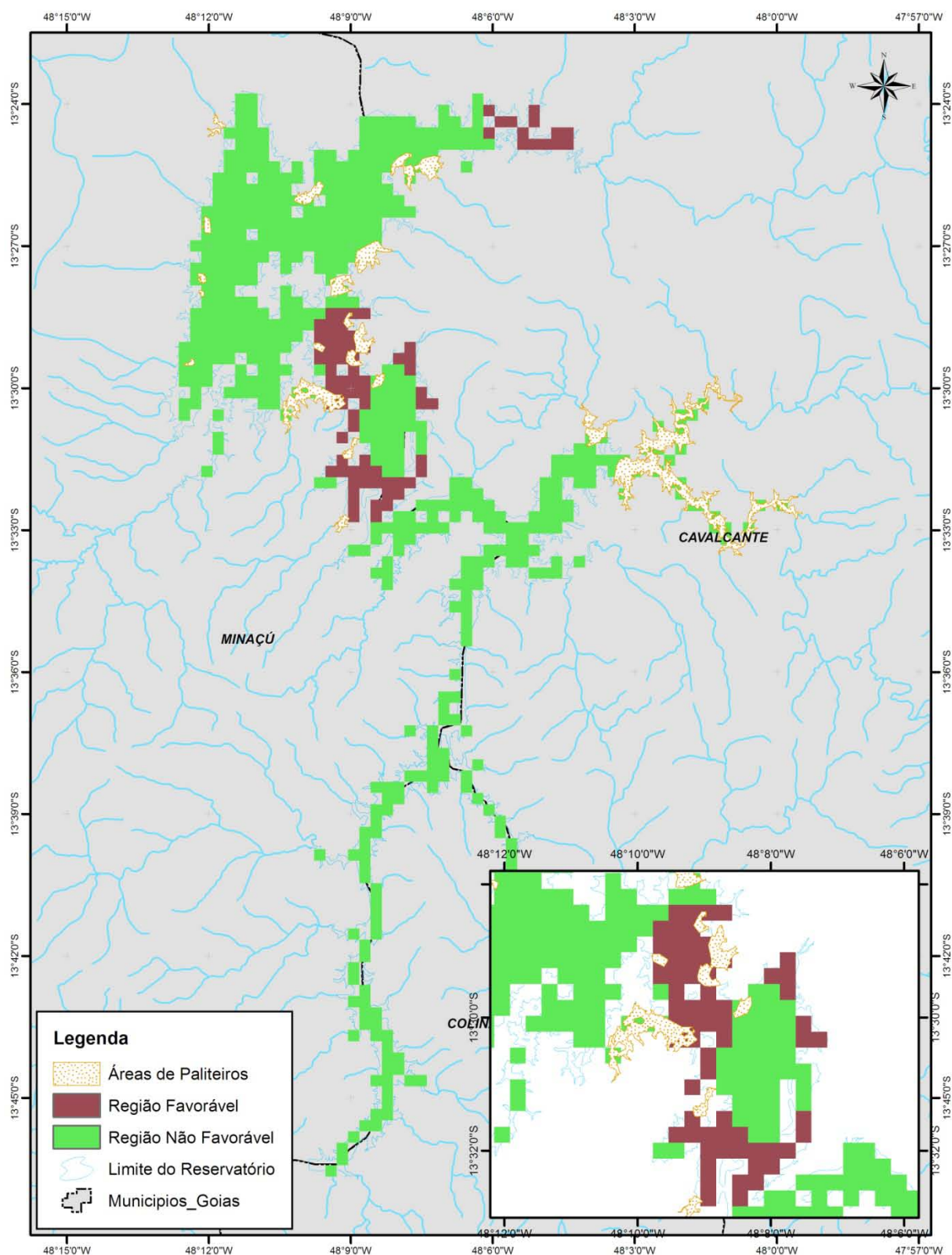
3 1,5 0 3 6 km

Sistema de Coordenadas Geográficas
Ref. Planimétrico: SIRGAS 2000
Ref. Altimétrico: Vértice de Chuá

Mapa 12 Mapa de Zona de Deplecionamento



Mapa 13 Mapa de Áreas de Paliteiros



**Mapa Final de Favorabilidade -
Influência de Áreas de Paliteiros**

1:184.998,19

3 1,5 0 3 6 km

Sistema de Coordenadas Geográficas
Ref. Planimétrico: SIRGAS 2000
Ref. Altimétrico: Vértice de Chuá

8. CONCLUSÕES

- A porção central do reservatório da Usina Hidrelétrica de Cana Brava/GO apresenta-se favorável ao desenvolvimento da atividade de aqüicultura, segundo os resultados obtidos na análise multi-critério realizada, quanto aos parâmetros observados.
- A porção nordeste do reservatório da Usina Hidrelétrica de Cana Brava/GO apresenta-se favorável ao desenvolvimento da atividade de aqüicultura, segundo os resultados obtidos na análise multi-critério realizada, quanto aos parâmetros observados.
- A Unidade de Conservação abrangente ao reservatório em estudo não intersecta as regiões classificadas como favoráveis à aqüicultura, não interferindo na instalação de projetos aquícolas nestas.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALA, V. L. Zoneamento ambiental da bacia do alto curso do rio Uberaba – MG como subsídio para gestão do recurso hídrico superficial. 2005. 83 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005.

AGOSTINHO, A.A.; L.E MIRANDA, L.M. BINI, L.C. GOMES, S.M. THOMAZ, and H.I. SUZUKI. 1999. Patterns of colonization in neotropical reservoirs, and prognoses on aging. Pages 227-265 in: J.G. Tundisi and M. Straskraba editors. Theoretical reservoir ecology and its applications. Brazilian Academic of Sciences and Backhuy Publishers, São Carlos, SP, Brasil.

AGOSTINHO, A.A.; L.C. GOMES, e F.M. PELICICE. 2007. Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil. EDUEM, Maringá, PR, Brasil.

AGUILAR-MANJARREZ J.; KAPETSKY J.M.; SOTO D. The potential of spatial planning tools to support the ecosystem approach to aquaculture. FAO/Rome. Expert Workshop. 19-21 November 2008, Rome, Italy. FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings. No. 17. 2010. 176p.

ALMEIDA, I. C. S. (2006). Determinação de parques aquícolas para o cultivo de ostra nativa *Crassostrea irrorata* (Goulding, 1828) no litoral norte do estado de Pernambuco - Brasil. [Dissertação de Mestrado]. Recife (PE): Universidade Federal Rural de Pernambuco.

AYROZA, D.M.M.R.; FURLANETO, F.P.B e L.M.S AYROZA. 2006. Regularização dos projetos de tanques-rede em águas públicas continentais de domínio da união no Estado de São Paulo. Boletim Técnico do Instituto de Pesca de São Paulo 36: 1-25.

BAUMGARTNER, Dirceu et al. Reúso de águas residuárias da piscicultura e da suinocultura na irrigação da cultura da alface. Eng. Agríc. [online]. 2007, vol.27, n.1, pp. 152-163. ISSN.

BALDISSEROTTO, B. 2002. Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura. Santa Maria: Editora UFSM.

BEVERIDGE, M.C.M. 1996. Cage aquaculture. 2º ed. Fishing News Book, Oxfors, USA.

Boletim Energia, Numero 27, 16 a 22 de maio de 2002 – ANEEL. Disponível em:

<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/boletim_energia/documentos/boletim_energia_027.htm> Acesso em: 21 out. 2013.

BORGES, F. S. P.; ROTUNNO FILHO, O. C. e WILSON-JR, G. (2004) – Estimativa de Batimetria Utilizando Sensoriamento Remoto e Krigagem Bayesiana. Estudo de Caso: Reservatório Morro Grande, Rio de Janeiro. XXI CONGRESSO LATINOAMERICANO DE HIDRÁULICA. São Pedro/SP.

BORGHETTI, B. N. R.; OSTRENSHY, A. e BORGHETTI, J. R. Aquicultura: uma visão geral sobre a produção de organismos aquáticos no Brasil e no mundo. Grupo Integrado de Aquicultura e Estudos Ambientais, 128 p., 2003.

BOYD, C. E., WATTEN B. J. (1989). Aeration system in aquaculture. *Reviews Aquatic Sciences*, 1: 425-472.

BOYD, C.E. 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama 482 p.

BOYD, C.E. 2001. Water quality standards: total ammonia nitrogen. *Global Aquaculture Advocate* 4(4):84-85.

BOYD, C. E. & TUCKER, C. S. 1998. Pond Aquaculture Water Quality Management. Boston: Kluwer Academic. 700p.

BRANCO, S.M. Hidrobiología aplicada à engenharia sanitária. CETESB/ASCETESB, 1986. 616p.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. (2010b). Parques Aquícolas Continentais – O que é/Estudos prévios. Ministério da Pesca e Aquicultura. Disponível em: <http://www.mpa.gov.br/#aquicultura/aguas-da-uniao/parques-aquicolas-continentais>. Acessado em 28 de outubro de 2013.

BRASIL. Instrução Normativa Interministerial nº 06 de 31 de maio de 2004.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

BUREAU, D.P. & CHO, C.Y. 1999. Phosphorus utilization by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Estimation of dissolved phosphorus output. *Aquaculture* 179:127-140.

BUSH, S. R.; KOSY. Geographical distribution of investment in small-scale rural fish ponds. *Aquaculture Economics & Management* 11 (3): 285-311. 2007.

CADERNO DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO TOCANTINS-ARAGUAIA - PNRH. 2006. Programa de Estruturação Institucional para a Consolidação da Política Nacional de Recursos Hídricos BRA/OEA/01/002.

CARVALHO, E.D.; R.J. SILVA, I.P. RAMOS, D.M.M. REZENDE-AYROZA, e L.M. AYROZA. 2008b. Caracterização das condições limnológicas junto aos sistemas de tilapicultura em tanques-rede no reservatório da U.H.E de Chavantes, médio rio Paranapanema. 45f. Relatório de pesquisa (FINEP) vol. 1 – Instituto de Biociências. Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, Brasil.

COLT, J & ARMSTRONG, D. (1981). Nitrogen toxic to crustaceans, fish and mollusks. In: Allen, L.; Kinney, E. (Ed), Proceedings of the bioengineering symposium for fish culture. Fish culture Section of the American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, USA, p.34-47.

CYRINO, J.E.; CONTE, L. 2006. Tilapicultura em Gaiolas: produção e economia. In: José Eurico Possebon Cyrino e Elisabeth Criscuolo Urbinati (Eds.). AquaCiência 2004: Tópicos Especiais em Biologia Aquática e Aqüicultura. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Aqüicultura e Biologia Aquática, cap.12, p.151-171.

DURIGAN, J. G.; SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; OLIVEIRA, D. B. S. de*. Estudo Limnológico em Itanques de piscicultura. Parte I: Variação Nictemeral de Fatores Físicos Químicos e Biológicos. Acta Limnol. Brasil. Vol IV. 221-223. 1992.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. 2007. Avaliação Ambiental Integrada dos Aproveitamentos Hidrelétricos na Bacia do rio Tocantins, Relatório Final.

ERVIK, A.; KUPKA-HANSEN, P.; AURE, J.; STIGEBRANDT, A.; JOHANNESSEN, P.; JAHNSEN, T. Regulating the local environmental impact of intensive marine fish farming. i. The concept of the MOM system (Modelling-Ongrowing fish farms – Monitoring). Aquaculture 158, 85-94. 1997.

ESRI. The ESRI Press dictionary of GIS terminology. Environmental Systems Research Institute, Inc. Redlands, California, USA. 2001.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. Aquaculture development. 4. The ecosystem approach to aquaculture. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries Nº.5, Suppl. 4. Rome, Italy. 2010.

Food and Agriculture Organization of the United Nations). Year book of fish erystatistics: summarytable. FAO, Roma, 2002. Disponível em: <http://www.fao.org>. Acesso em: 22 de outubro de 2013.

FADURPE, FUNDAÇÃO APOLÔNIO SALLES. 2003. Programa de Zoneamento da Piscicultura em Tanques-Rede no Reservatório de Boa Esperança - Diagnóstico ambiental; Zoneamento de áreas aquícolas e estimativa da capacidade de suporte. 105 p.

FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS. 2006. CPFL GERAÇÃO DE ENERGIA. UHE Serra da Mesa: AIA - Avaliação de Impacto Ambiental na fase de operação.

HALIDE, H.; STIGEBRANDT, A.; REHBEIN, M; MCKINNON, A. D. Developing a decision support system for sustainable cage aquaculture. *Environmental Modelling & Software* 24, 694-702. 2009.

HARGRAVE, B. A traffic light decision system for marine finfish aquaculture siting. *Ocean and Coastal Management* 45, 215-235. 2002.

HERMES-SILVA, S.; B.T.N. SARDÃO, F. SANTAMARIA, A.P.O. NUNÑER, e E. ZANIBONI-FILHO. 2004. Dinâmica do zooplâncton em uma área do Reservatório de Machadinho sob influência de cultivo em tanques-rede, rio Uruguai, Brasil. In: Simpósio: Ecologia de Reservatórios – Impactos potenciais, Ações de Manejo e Sistemas em Cascata. Anais do Simpósio: Ecologia de reservatórios – Impactos Potenciais, Ações de Manejo e Sistemas em Cascata. Avaré, SP, Brasil.

HUDSON-EDWARDS, K. A.; MACKLIN, M. G.; JAMIESON, H. E.; BREWER, P. A.; COULTHARD, T. J.; HOWARD, A. J.; TURNER, J. N.; *Appl. Geochem.* 2003, 18, 221.

JORGENSEN, S.V. & BENDORICCHIO, G. 2010. *Fundamentals of Ecological Modelling*, 3rd Edition, Elsevier, 530 p.

KIM, J.K.; HAN, C.H.; CHOI S.H.; KIM, S.H. 1998 A knowledge-based approach to the quality function deployment. *Computers Industries Engineers*, v.35, n.1/2, p.233-236.

LAWSON, T.B., 1995. *Fundamentals of Aquacultural Engineering*. Chapman & Hall, New York. 354 pp.

MACHADO, P. A. L. *Direito Ambiental*, 1992. 4^a edição. São Paulo. Editora Malhenos. 606 p.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. *Fundamentos de metodologia científica*. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MEDEIROS, J. S. de; CÂMARA, G. Introdução à Ciência da Geoinformação. 1 – 36. Capítulo 10: Geoprocessamento para Estudos Ambientais, 2001.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. Disponível em:
<<http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=157>> Acesso em: 20 out. 2013.

NATURAE/LIFE. 2004. Monitoramento Limnológico da UHE Cana Brava. Fase operação. VI Relatório Técnico Parcial, setembro de 2004.

NISTSCH, M. Planejamento sem rumo. Avaliação crítica da metodologia do “zoneamento-ecológico-econômico” nos Estados da Amazônia brasileira, 1998. Parecer elaborado pela Secretaria de Planejamento do Estado de Rondônia – Projeto de Cooperação Técnica PNUD/PLANAFLORO. Porto Velho, RO.

ONO, E. A.; KUBITZA, F. 2003. Cultivo de peixes em tanques-rede. SP/ESALQ, Jundiaí, Brasil, 112pp.

OSTRENSKY, A. 1997 Estudos para viabilização tecnológica dos cultivos de camarões marinhos no litoral do Paraná, Brasil. Curitiba. 122p. (Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná).

PARRON L. M., MUNIZ D. H. F., PEREIRA M. P. Manual de Procedimentos de amostragem e análise físico-química de água. Embrapa Florestas, Colombo, PR, 2011.

PEDROSA, E. C. T. *et al*; Geoprocessamento: Uma contribuição à elaboração do zoneamento ambiental da APA de Tambaba – PB. Anais – 11º Simposio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. Aracaju/SE. 10 a 12 de novembro de 2004.

PENDOCK E NEDELJKOVIC, 1996. Integrating geophysical data sets using probabilistic methods. Thematic Conference and Workshop on Applied Geologic Remote Sensing, 11o, Las Vegas, 1996. Proceedings. Nevada, v.2, p.621-628.

PERERA, R.P., JOHNSON, S.K., LEWIS, D.H., 1997. Epizootiological aspects of *Streptococcus iniae* affecting tilapia in Texas. *Aquaculture* 152, 25–33.

Publicação EPAGRI – Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina – 2010-2011, Pg. 124 – Desempenho da Pesca e Aquicultura.

QUINTERO-PINTO, L. G. *et al.* Exigências e disponibilidade de fontes de fósforo para tilápias. *vet.zootec.* 5(2): 30-43, 2011.

RAMOS, I. P. *et al.*; Impactos ambientais de pisciculturas em tanques-rede sobre águas continentais brasileiras: revisão e opinião. Cap. 9.

RAMOS, I.P.; A.P. VIDOTTO-MAGNONI, and E.D. CARVALHO. 2008. Influence of cage fish farming on the diet of dominant fish species of a Brazilian reservoir (Tietê River, High Paraná River basin). *Acta Limnologica Brasiliensia* 20(3): 245-252.

ROCHA, I. P. Impactos Sócio-econômicos e ambientais da carcinicultura brasileira: Mitos e Verdades. ABCC: 8p. 2004. Disponível em: www.abccam.com.br/ Acesso em: 12 fev. 2007.

SANTOS, A. P.; NOVO, E. M.; LOMBARDO, M. A. A metodologia de Interpretação de Dados de Sensoriamento Remoto e Aplicações no Uso da Terra. Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, São José dos Campos, SP. 7: 172 – 175, 1981.

SCHAFER, A. 1985. Fundamentos de Ecologia e Biogeografia das Águas Continentais. Porto Alegre: Editora da Universidade UFRGS, 1985.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H. 1995. Limnologia aplicada à aquicultura. Bol. Téc Centro de Aquicultura UNESP. Jaboticabal, SP, Brasil.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H. 1995. Influência da luz, manejo e tempo de resistência sobre algumas variáveis limnológicas em um viveiro de piscicultura. *Biotemas*, Florianópolis, v. 8,n. 1, p. 61-71.

SECRETARIA ESPECIAL AQUICULTURA E PESCA – SEAP. 2008. Aquicultura no Brasil. Brasília, DF, Brasil.

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DE GOIÁS - SEPLAN.2010. Disponível em:

<http://www.seplan.go.gov.br/sepin/pub/anuario/2005/situacao_fisica/bacias/bacia_tocantins.htm> Acesso em: 20 out. 2013.

SOTO, D.; AGUILAR-MANJARREZ, J.; HISHAMUNDA, N. Building an Ecosystem Approach to Aquaculture. FAO Rome, Italy. Fisheries and Aquaculture Proceedings, Nº 14. 2008.

SUBASINGHE, R.; SOTO, D.; JIA, J. Global aquaculture and its role in sustainable development. Reviews in Aquaculture 1, 2-9. 2009.

SISTEMA NACIONAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA - SNUC. 2000. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação e dá outras providências. Brasília: MMA/SBF.

THURSTON, R.V. e RUSSO, R.C. 1978 Acute toxicity of ammonia and nitrite to cutthroat trout fry. Trans. Am. Fish. Soc., 107(2): 361-368.

TOVAR, A.; MORENO, C.; MANUEL-VEZ, M.P.; GARCIA-VARGAS, M. (2000). Environmental impacts of intensive aquaculture in marine waters. Water Research, Great Britain, 34(1): 334-342.

TUNDISI, J. G. & TUNDISI, T. M. 2002. Limnologia. São Paulo: Oficina de Textos. 631p.

TUNDISI, J. G. & MATSUMURA-TUNDISI, T. 2008. Limnologia. São Paulo: Oficina de Textos. 632 p.

TRACTEBEL ENERGIA - SUEZ. Cana Brava: Usina de um Novo Brasil. 2002.

TRACTEBEL, Tractebel Energia S.A.. Disponível em: <<http://www.tractebelenergia.com.br>> Acesso em: 22 outubro de 2013.

VALENTI, W. C. Fresh water prawn culture in Brazil. World Aquacult., 24 (1), 30-34, Baton Rouge, 1993; VALENTI, W. C. Situação atual e perspectivas da carcinicultura no Brasil e no mundo, pp. 8-18, in Anais I. Simpósio Internacional sobre Nutrição de Peixes e Crustáceos, 1994. Campos do Jordão, Campos do Jordão, 1995;

VALENTI, W. C. Aquaculture for sustainable development. In: VALENTI, W.C. et al. Aquicultura no Brasil: bases para um desenvolvimento sustentável. CNPq/MCT, 17-24, Brasília, 2000.

WETZEL, R. M. The identification and distribution of recent Xenarthra (=Edentata). In: MONTGOMERY, G. G. (Ed.). The Evolution and Ecology of Armadillos, Sloths, and Armadillos. Washington and London: Smithsonian Institution Press, 1985a, p. 5-21.

WONG, P. S. (1995). Report on a Regional Study and Workshop on the environmental assessment and management of aquaculture development (TCP/RAS/2253). Bangkok, Network of Aquaculture Centres in Asia-Pacific. NACA.

WU, R. S. S. Hypoxia: from molecular responses to ecosystem responses. *Marine Pollution Bulletin*, 45: 35-45.

ZENG TQ, DORMAN F, OGBURN D, DERWENT L, WILLIAMS R. (2003). Aquaculture management with geographical information systems (GIS) in NSW fisheries, Australia. In: Woodroffe CD, FurnessRA, editors. *Coastal GIS 2003: an integrated approach to Australian coastal issues*, 14: 454-66.

ZIMMERMAN, S. Desafios da produção intensiva de tilápias (*Oreochromis* spp) no Brasil, p.65, In: I Congresso da Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática – Aqüimerco, Anais..., 464 p., Vitória, 2004.

ZWEIG, R. D. et al. 1999. Source water quality for aquaculture. Washington: Word Bank. 62p.