

Figura 8 – Etapas do geoprocessamento e relações topológicas.

Tabela 2 – Classificação e adequabilidade de áreas destinadas ao repovoamento.

Classe	Descrição e Recomendação
1	Atende apenas ao critério Mínimo. Ações de repovoamento devem evitar estas áreas. Embora possua profundidade de até 05 metros, não considera as condições do entorno. Pode não se beneficiar da proximidade de macrófitas ou de condições marginais favoráveis e ainda sofrer impactos diretos de atividades realizadas às suas margens e estar sujeitas às influências dos cultivos em tanques-rede.
2	Atende aos critérios Mínimo e A. Pouco adequada ao repovoamento. Embora beneficiada pela proximidade de macrófitas, estas áreas podem sofrer impactos diretos de atividades realizadas às suas margens e estar sujeitas às influências dos cultivos em tanques-rede.
3	Atende aos critérios Mínimo, A e B. Podem ser utilizadas para repovoamento, porém estão sujeitas às influências dos cultivos em tanques-rede.
4	Atende a todos os critérios definidos. Ações de repovoamento devem ser prioritariamente realizadas nestas áreas.

CAPÍTULO 5 – RESULTADOS

Do total de 8.324,7 ha da área de estudo, 3.078 ha estiveram compreendidos entre 0 e 5 metros de profundidade (Figura 9), distribuídos em diversos fragmentos de 0,1 a 1.005 ha, que integram o critério Mínimo adotado.

As macrófitas aquáticas estiveram presentes em 178 fragmentos de até 40,7 ha, que juntos totalizaram 318,3 ha. A zona de influência correspondente abrangeu 647,1 ha no entorno destes fragmentos. Assim, a característica relativa ao critério A estendeu-se por 965,4 ha (Figura 10).

Os agrupamentos de uso e ocupação do solo favoráveis e desfavoráveis ocuparam, respectivamente, 4.245,2 e 990,3 ha no entorno do reservatório. Como resultado, as áreas do reservatório sujeitas aos benefícios das classes favoráveis e simultaneamente fora da influência das classes desfavoráveis (critério B) somaram 1.928 ha (Figura 11).

O levantamento dos cultivos em tanques-rede localizou 12 empreendimentos de porte 1, com tamanhos entre 0,2 e 1,6 ha, totalizando 7,9 ha. Adicionando-se a zona de influência, esta área atingiu 72,6 ha. Outros cinco empreendimentos de porte 2 ocuparam 21,3 ha, com áreas individuais de 2,9 a 6,4 ha. Com uma zona de influência de 118,5 ha, os empreendimentos de porte 2 ocuparam, ao todo, 139,8 ha (Figura 12).

Com as inter-relações estabelecidas para as classes de adequação ao repovoamento, tem-se que 2.034,1 ha enquadraram-se na Classe 1, atendendo exclusivamente ao critério Mínimo, enquanto a Classe 2 abrangeu 728,3 ha. Apenas 0,8 ha caracterizaram-se como Classe 3 e 131,8 ha ocuparam a Classe 4 como as áreas mais propensas ao repovoamento (Figura 13).

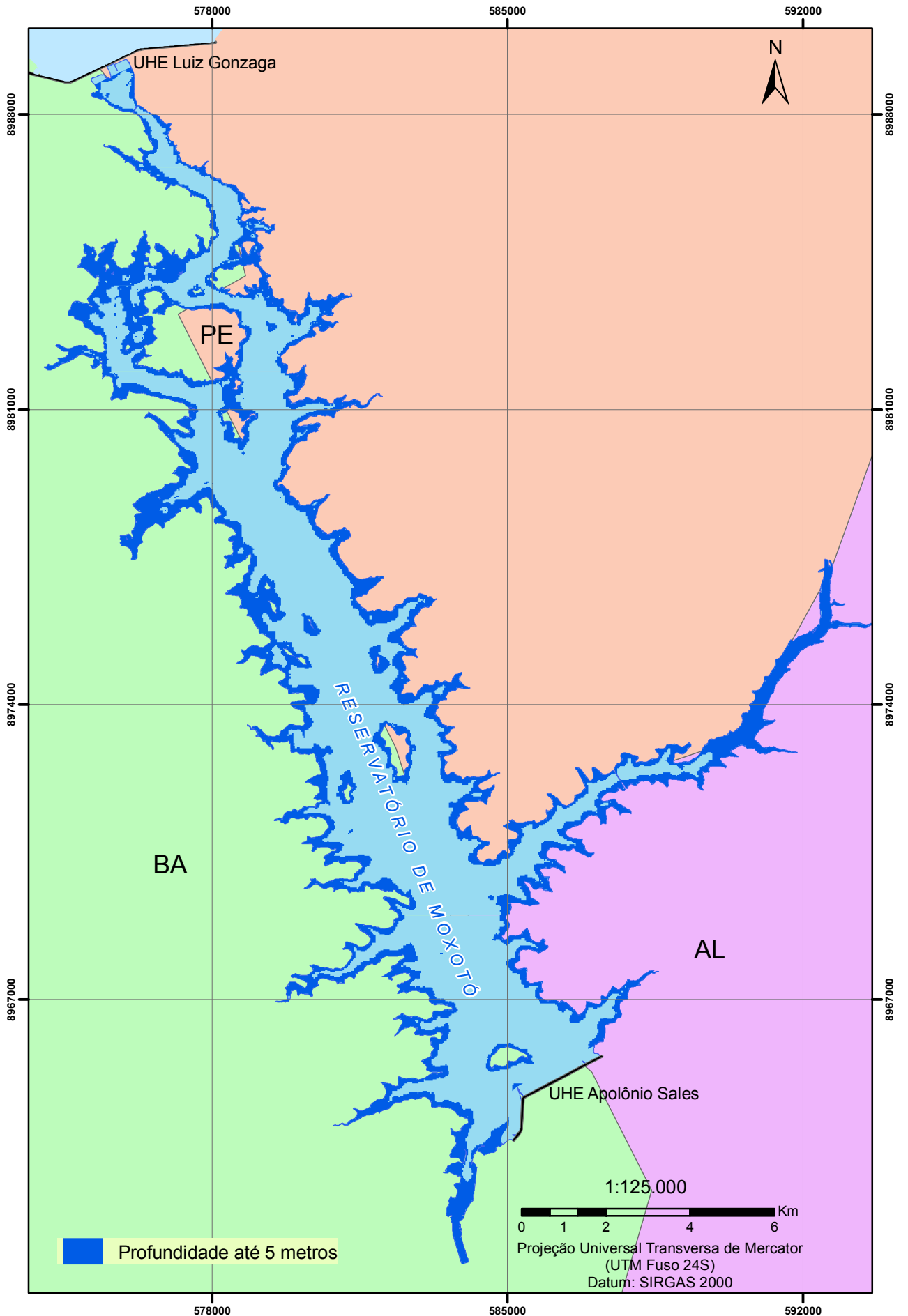


Figura 9 - Áreas com até 5 metros de profundidade no Reservatório de Moxotó.

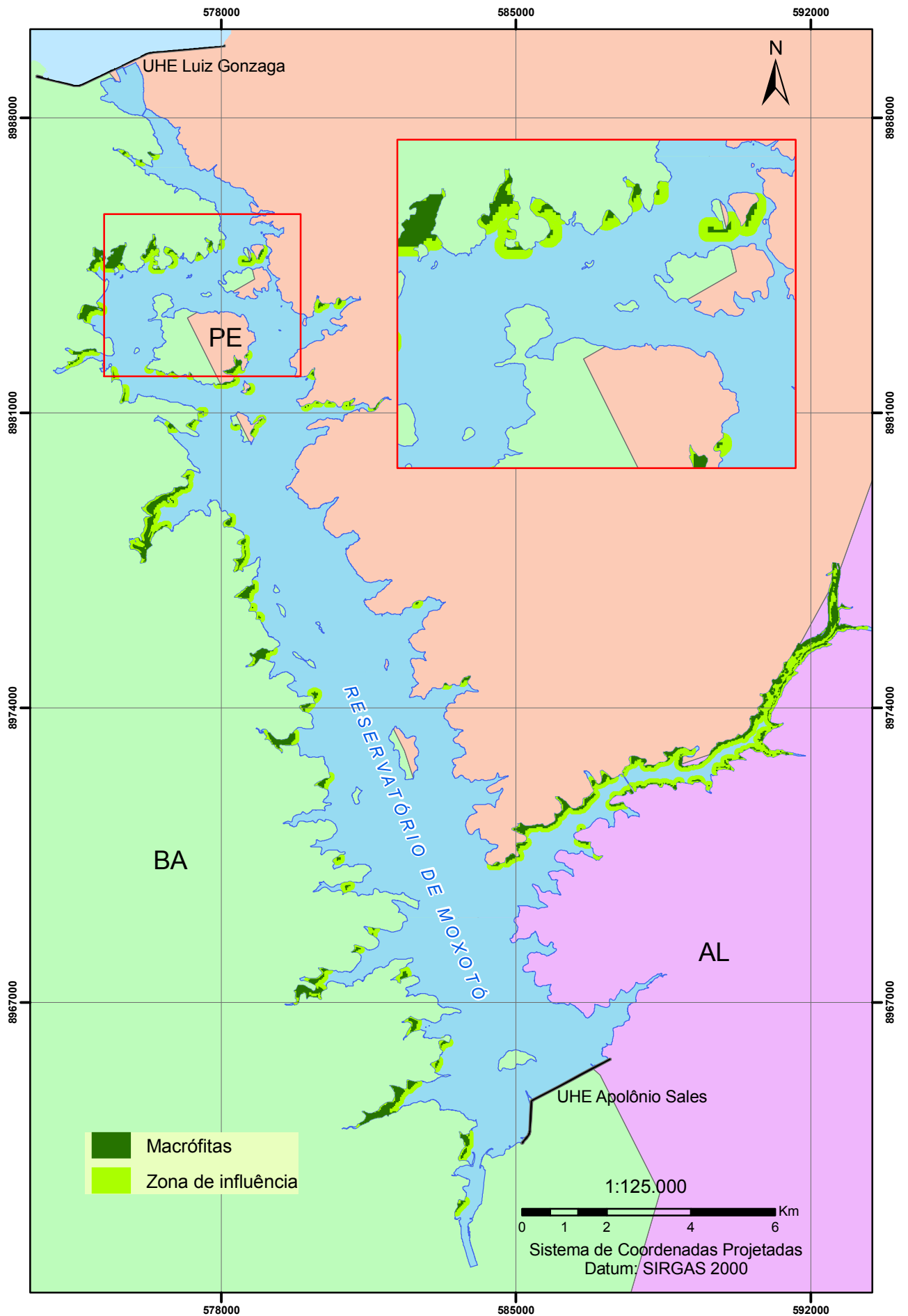


Figura 10 - Ocupação por macrófitas e suas zonas de influência no Reservatório de Moxotó.

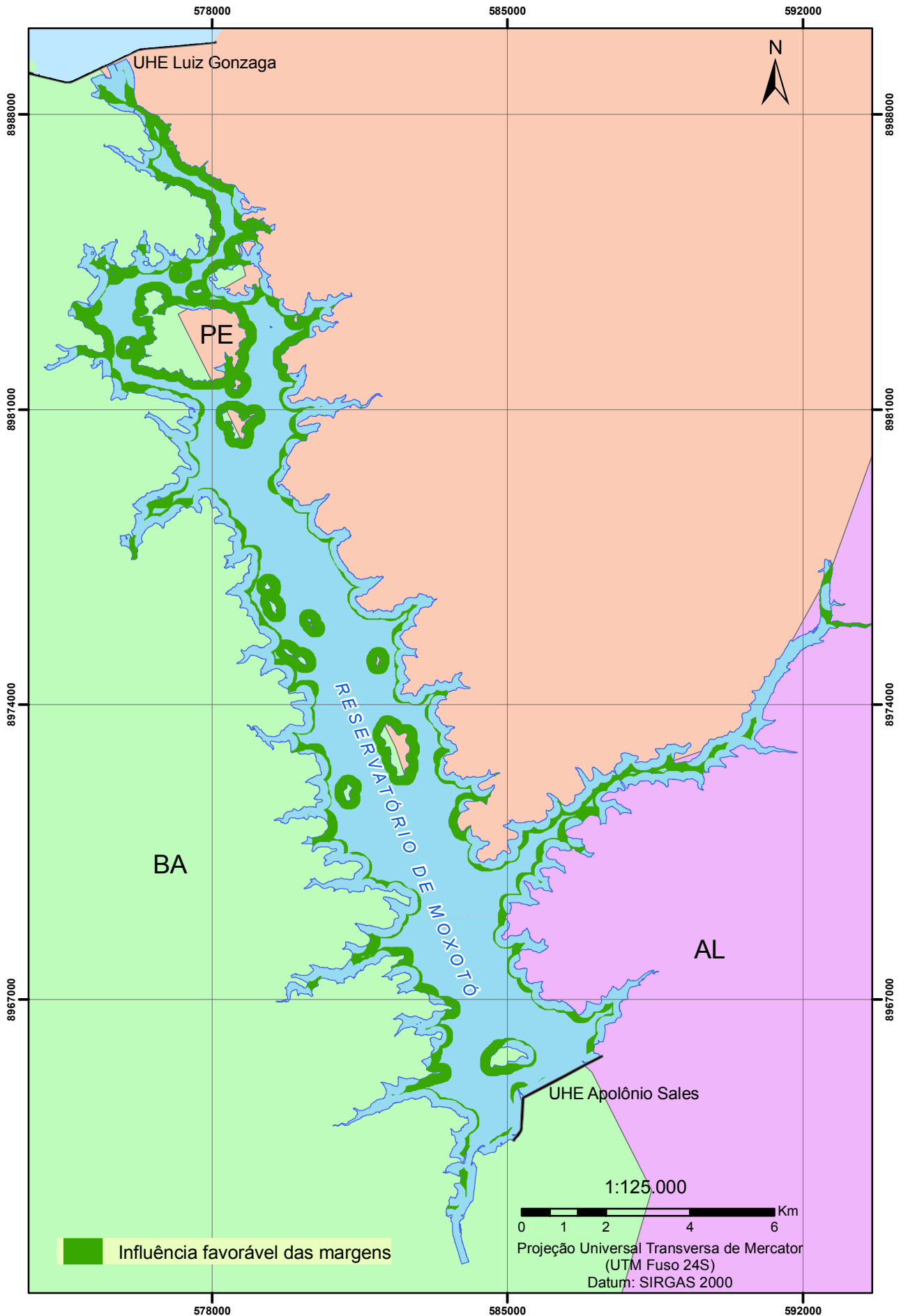


Figura 11 - Áreas sob influência favorável das margens do Reservatório de Moxotó.

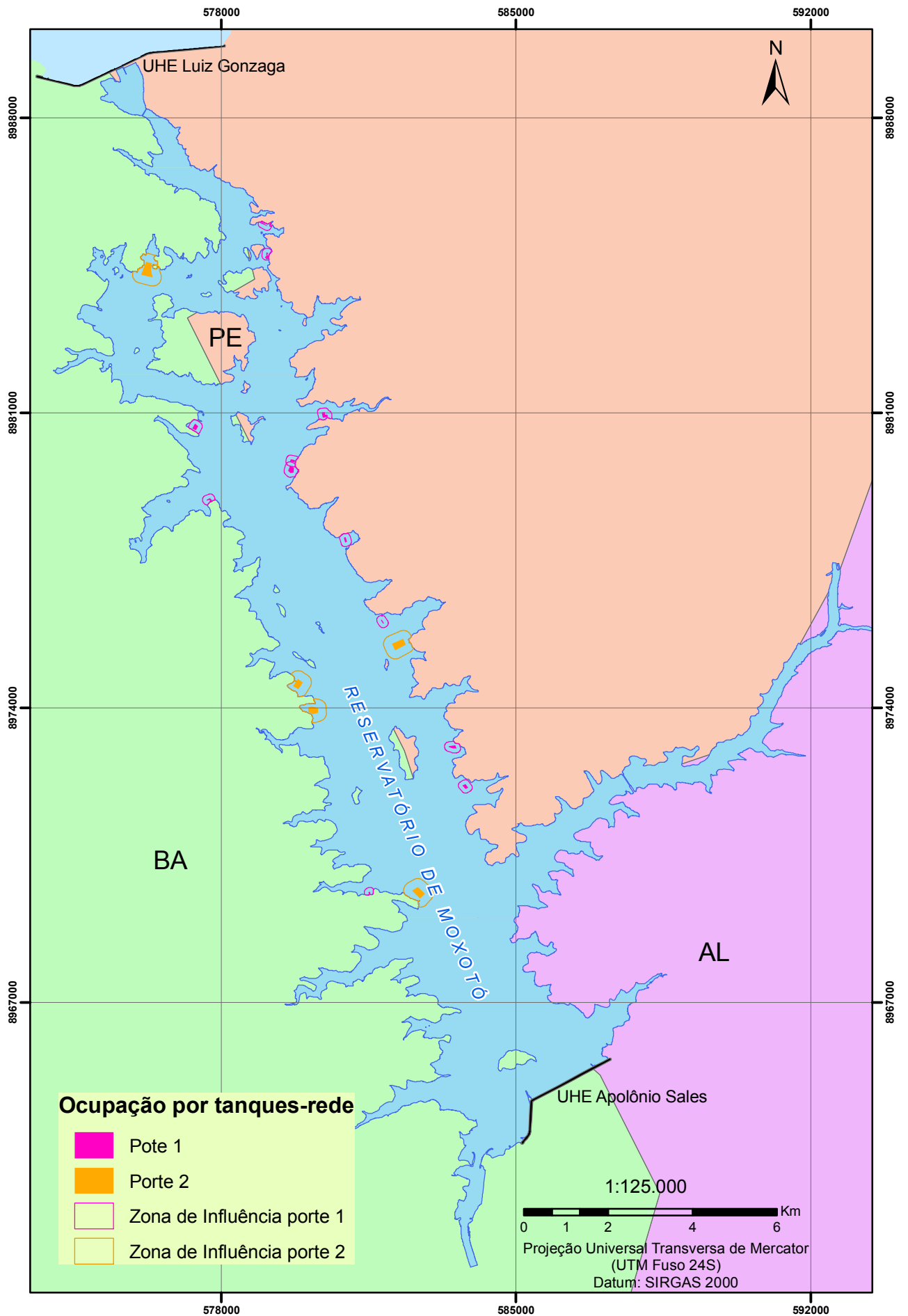


Figura 12 - Áreas ocupadas por tanques-rede e zonas de influência no Reservatório de Moxotó.

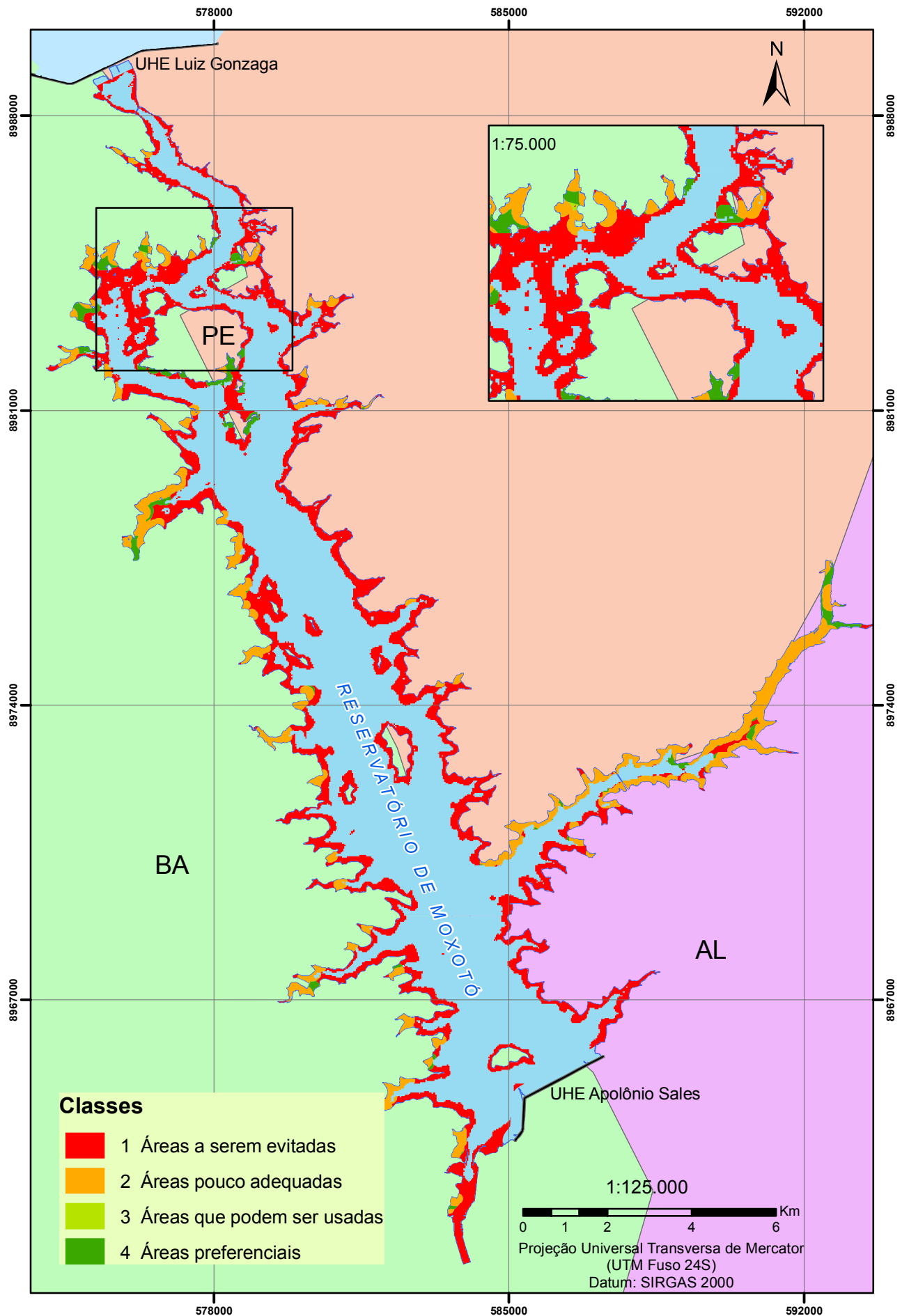


Figura 13 - Classificação de áreas quanto ao repovoamento no Reservatório de Moxotó.

CAPÍTULO 6 – DISCUSSÃO

O Reservatório de Moxotó foi concebido para viabilizar o aproveitamento do potencial energético do Rio São Francisco naquela região, com a implantação do Complexo de Paulo Afonso, um conjunto de cinco usinas hidrelétricas (Apolônio Sales, Paulo Afonso I, II, III e IV) que aporta 4.279 MW à matriz energética nacional. O reservatório tem por característica a operação a fio d'água, em que não há regularização de vazão ou armazenagem de água, refletindo em níveis relativamente constantes. Como resultado, entre 2001 e 2010, o nível do reservatório esteve 90% do tempo acima da cota 251,25 metros (Chesf, dados não publicados), oscilando apenas 75 centímetros entre as cotas de máximo e mínimo (252 e 250 metros, respectivamente).

De acordo com a legislação brasileira, usinas hidrelétricas são atividades efetiva ou potencialmente poluidoras ou que, sob qualquer forma, podem causar degradação ambiental e, como tal, estão sujeitas ao licenciamento ambiental (resoluções CONAMA nº 001/86 e 237/97 e Lei nº 6.938/81). Neste procedimento estão previstos planos e programas voltados à redução ou reparação de danos ambientais. Como as mudanças impostas pela instalação e operação de uma usina hidrelétrica têm efeitos diretos sobre a ictiofauna, este grupo deve receber atenção especial.

Ao longo dos anos, o setor elétrico nacional implantou diversas ações de manejo da ictiofauna associadas aos seus empreendimentos, que foram ajustadas e evoluíram conforme o avanço do conhecimento técnico-ambiental. E o repovoamento seguiu a mesma trajetória, ainda estando presente entre as ações desenvolvidas atualmente.

Hoje, a utilização de espécies nativas é um princípio elementar a ser observado. Contudo, ainda restam certos aspectos a serem desenvolvidos. Algumas decisões básicas, como a espécie, seu tamanho e a quantidade a ser empregada, o momento e o local da soltura, podem determinar o fracasso do repovoamento (Agostinho *et al.*, 2007).

Este trabalho não ambiciona a definição de todos estes parâmetros para realização de repovoamentos, mas discutir alguns aspectos técnico-ambientais a serem considerados na seleção de locais para soltura de peixes, uma vez decidida sua realização. Para isso, usa ferramentas de geoprocessamento para espacialização das áreas no Reservatório de Moxotó que atendem aos requisitos estabelecidos.

Com relação à profundidade, as áreas compreendidas entre a superfície e 5 metros estiveram associadas às margens do reservatório (principalmente em meandros e reentrâncias) e suas ilhas. Considerando o regime operacional do reservatório, estas áreas quase sempre

apresentarão profundidades máximas entre 5 e 4,25 metros, o que atende ao critério mínimo estabelecido. Porém, apenas esta característica pode não ser suficiente para a definição de áreas propícias ao repovoamento por tratar de um aspecto físico, dissociado dos elementos ambientais.

Comunidades de macrófitas aquáticas estão frequentemente presentes ao longo da zona litorânea de corpos d'água (Casatti *et al.*, 2003). Isto pode decorrer da forma de vida das espécies. Algumas necessitam de contato com o substrato para desenvolver suas raízes, preferindo por isso áreas rasas. Outras são de vida livre ou flutuantes, sendo depositadas nas margens pela ação dos ventos e correntes. Mas todas desempenham importantes funções ecológicas no ambiente aquático.

Assim, a região marginal é caracterizada por condições ambientais gerais mais favoráveis para os organismos, como por exemplo, melhor qualidade da água e a maior diversidade alimentar, como perifiton e macrófitas aquáticas, que se proliferam em menor profundidade. Esta área também recebe maior contribuição das margens, como o aporte de folhas e frutos da vegetação ripária, que além de servir como alimento, fornece inúmeros microhabitats, propiciando refúgios para diversos grupos se instalarem e reproduzirem. Estes fatores contribuem para que esta região seja colonizada por grande número de indivíduos.

Com isso, a interação entre áreas rasas e presença de macrófitas aquáticas ganha importância quando se busca selecionar áreas para repovoamento, uma vez que a combinação destas características resulta em um ambiente ecologicamente interessante ao repovoamento. Além disso, em áreas rasas, a incidência luminosa pode se estender ao substrato, estimulando o desenvolvimento de macrófitas submersas, igualmente úteis ao repovoamento.

A relação ecológica entre a ictiofauna e macrófitas aquáticas pode ser tão intensa que procedimentos de retirada de macrófitas em reservatórios podem causar fortes alterações na assembleia de peixes, resultando em menor densidade, biomassa e riqueza de espécies que utilizam bancos de *Egeria* (Pellicice *et al.*, 2005).

Entretanto, prados de macrófitas podem ser sazonais. Perturbações ambientais podem reduzir a extensão ou eliminar definitivamente um prado, mesmo que este se restabeleça após cessado o agente estressor. Mudanças na direção e intensidade dos ventos e regimes hidrológicos diferenciados podem deslocar massas de macrófitas aquáticas, fragmentando a comunidade ou transportando-a para outro local. De certo, a estabilidade do regime operacional do Reservatório de Moxotó favorece a manutenção dos prados de macrófitas.

Em muitos casos, bancos de macrófitas aquáticas se desenvolvem em decorrência do aporte de nutrientes a partir de uma fonte pontual de poluição (como o lançamento de efluentes domésticos ou industriais) ou drenagens de áreas agrícolas. Assim, áreas sujeitas a este impacto podem evoluir a um estágio avançado de eutrofização, em que há predomínio de poucas espécies adaptadas a níveis elevados de poluentes, com gradual degradação ambiental.

Por isso, o estado de conservação ou o tipo de atividade realizada às margens do reservatório interferem na sua qualidade ambiental. Embora não se tenha avaliado o grau de preservação ambiental ou a intensidade da interferência dos usos marginais e seus eventuais efeitos ao ecossistema aquático adjacente, este estudo admite que a ocorrência de classes favoráveis de uso e ocupação do solo nas proximidades de macrófitas aquáticas resulta em benefícios adicionais aos peixes soltos.

Áreas em equilíbrio ambiental são preferidas para o repovoamento, como também para a instalação de cultivo de peixes em tanques-rede. Mas, uma vez instalados, estes empreendimentos podem inabilitar, em certa extensão, uma área ao repovoamento. Isto se deve à atração da ictiofauna nativa. Apesar da maior abundância, biomassa e número de espécies nestas áreas, a maioria é composta por peixes adultos (Dempster *et al.*, 2002). A depender da composição específica da ictiofauna existente no Reservatório de Moxotó, a presença de espécies predadoras nestas áreas pode ser facilitada pela abundância de potenciais presas. Com isso, a realização de repovoamentos em locais sob esta influência concorre para a predação dos peixes soltos, aumentando as chances de fracasso da ação.

Neste estudo, apenas uma pequena extensão foi definida como Classe 3, que agregam as condições de profundidade e proximidade de macrófitas e categorias favoráveis de uso e ocupação do solo desejadas, mas sujeitas às influências dos cultivos em tanques-rede. Isto porque as características aqui perseguidas para o repovoamento são evitadas pelas recomendações técnicas para a implantação de cultivos em tanques-rede. Brasil/MPA (2011) indica profundidades superiores a 4 metros e uma distância de segurança de bancos de macrófitas aquáticas para a definição de parques aquícolas (áreas destinadas aos cultivos em de tanques-rede).

Com a observação de todos os descritores adotados, as áreas da Classe 4 resultam como aquelas mais indicadas ao repovoamento, em que os benefícios oriundos das características do ambiente poderão otimizar a sobrevivência dos peixes soltos. No entanto, a delimitação apresentada neste estudo deve ser considerada um indicativo, que necessita da checagem local pelos executores do repovoamento. Ainda mais porque quando trabalhamos

com análises ambientais é difícil determinarmos onde termina uma classe e onde se inicia a seguinte, principalmente em ambientes aquáticos (Vianna, 2007).

Além disso, os resultados encontrados se desatualizarão à medida que hajam modificações no ambiente analisado, que podem ocorrer no médio ou longo prazo, como alterações no entorno do reservatório, ou no curto prazo, como a instalação de um novo empreendimento aquícola.

Em qualquer dos casos, as técnicas de geoprocessamento permanecerão como instrumentos capazes de representar o ambiente natural, facilitando o entendimento do funcionamento dos ecossistemas e seus componentes, proporcionando informações e ferramentas de grande importância para programas de conservação da biodiversidade nos ambientes aquáticos e ações de desenvolvimento sustentável (Cancian e Camargo, 2011).

Especificamente para o tema repovoamento, os SIGs podem, inclusive, manusear informações ainda mais específicas, como indicar áreas mais adequadas a determinada espécie de peixe em função, por exemplo, da disponibilidade do principal recurso alimentar desta ou de limitações fisiológicas a alguma característica limnológica local.

CAPÍTULO 7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

As técnicas e ferramentas de geoprocessamento aplicadas mostraram-se eficientes na elaboração e manuseio dos planos de informações necessários e em consonância com os descritores estabelecidos.

O mapeamento das áreas recomendadas ao repovoamento no Reservatório de Moxotó servirá de base técnica para a realização desta atividade por entidades de pesquisa ou outros órgãos que se utilizem desta prática no manejo da ictiofauna e dos seus recursos pesqueiros.

Com este estudo, espera-se ter consolidado os descritores aqui trabalhados como fatores determinantes a serem observados por aqueles que executam repovoamentos em reservatórios, porém advertindo-os que existem outras variáveis – além do local – que condicionam o sucesso do repovoamento. E as técnicas de geoprocessamento serão extremamente úteis para levantar, analisar e decidir acerca de todas elas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agostinho, A.A., Gomes, L.C., Latini, J.D. **Fisheries management in Brazilian reservoirs: Lessons from/for South America**. *Interciencia*, 29, 6, 334-338, 2004.
- Agostinho, A.A., Gomes, L.C., Pelicice, F.M. **Ecologia e manejo dos recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil**. Editora da Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, 2007.
- Agostinho, A.A., Pelicice, F.M., Gomes, L.C. **Dams and the fish fauna of the Neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries**. *Brazilian Journal of Biology*, 68 (4. Suppl.), 1119-1132, 2008.
- Agostinho, A.A., Pelicice, F.M., Julio Jr, H.F. Biodiversidade e introdução de espécies de peixes: unidades de conservação. In: Campos, J.B., Tossulino, M.G.P., Müller, C.R.C. (Organizadores). **Unidades de conservação: ações para valorização da biodiversidade**. Curitiba: Instituto Ambiental do Paraná, 95-117, 2006.
- Bezerra, T.R.Q. **Uso de sistemas de informação geográfica na seleção de áreas propícias para a piscicultura marinha no litoral de Pernambuco**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2010.
- Boscardin, N.R. A produção aquícola brasileira. In: Ostrensky, A., Borghetti, J.R., Soto, D. (Editores). **Estudo setorial para consolidação de uma aquíicultura sustentável no Brasil**. Curitiba, 2007.
- BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura – MPA. Departamento de Planejamento e Ordenamento da Aquicultura em Águas de Domínio da União – DEAU. **Estudos para a demarcação de parques aquícolas no Reservatório de Moxotó localizado nos Estados de Alagoas, Bahia e Pernambuco**. Volume 1. Relatório Técnico. NeoCorp Consultoria Ltda. 2011.
- Burrough, P.A., McDonnell, R.A. **Principles of Geographical Information Systems. Spatial Information Systems and Geostatistics**. New York: Oxford University Press, 1998.
- Camargo, M.U.C. **Os Sistemas de Informações Geográficas como Instrumentos de Gestão em Saneamento**. Rio de Janeiro: ABES, 1997.
- Cancian, L.F., Camargo, A.F.M. **Utilização de sistemas de informações geográficas, softwares e algoritmos de modelagem para a geração de modelos de distribuição geográfica potencial de espécies de macrófitas aquáticas em bacias hidrográficas**. *Boletim ABLimno*, nº 39 (1), 2011. Disponível em [http://www.ablimno.org.br/boletins/pdf/bol_39\(1-6\).pdf](http://www.ablimno.org.br/boletins/pdf/bol_39(1-6).pdf).
- Casatti, L., Mendes, H.F., Ferreira, K.M. **Aquatic machophytes as feeding site for small fishes in the Rosana reservoir, Paranapanema river, southeastern Brazil**. *Brazilian Journal of Biology*, 63(2), 213-222, 2003.
- Chesf. **Ortofotocarta. Levantamento aerofotogramétrico**. Complexo Paulo Afonso. Reservatório Moxotó, Delmiro Gouveia e PA IV. UHE Apolônio Sales e UHE's PA I-II-II e IV. Topocart. 2009.
- COMASE. **Seminário sobre fauna aquática e o setor elétrico brasileiro. Reuniões temáticas preparatórias. Caderno 4 – Estudos e levantamentos**. Comitê Coordenador das

- Atividades de Meio Ambiente do Setor Elétrico – COMASE. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 1994.
- Dempster, T., Sanchez-Jerez, P., Bayle-Sempere, J.T., Giménez-Casalduero, F., Valle, C. **Attraction of wild fish to sea-cage fish farms in the south-western Mediterranean Sea: spatial and short-term temporal variability.** Marine Ecology Progress Series, 242, 237-252, 2002.
- Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.
- Nath, S.S, Bolte, J.P., Ross, L.G., Aguilar-Manjarrez, J. **Applications of geographical information systems (GIS) for spatial decision support in aquaculture.** Aquacultural Engineering, 23, 233–278, 2000.
- Pelicice, F.M., Agostinho, A.A., Thomaz, S.M. **Fish assemblages associated with *Egeria* in a tropical reservoir: investigating the effects of plant biomass and diel period.** Acta Oecologica, 27, 1, 9-16, 2005.
- Pelicice, F.M., Agostinho, A.A. **Feeding ecology of fishes associated with *Egeria* spp. patches in a tropical reservoir, Brazil.** Ecology of Freshwater Fish, 15, 10-19, 2006.
- Pérez, O.M., Telfer, T.C., Ross, L.G. **Geographical information systems-based models for offshore floating marine fish cage aquaculture site selection in Tenerife, Canary Islands.** Aquaculture Research, 36, 946-961, 2005.
- Quirós, R. **The relationship between fish yield and stocking density in reservoirs from tropical and temperate regions.** Theoretical Reservoir Ecology and its Applications, 67-83, 1999.
- Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Define as situações e estabelece os requisitos e condições para desenvolvimento de Estudo de Impacto Ambiental – EIA e respectivo Relatório de Impacto Ambiental – RIMA.
- Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre licenciamento ambiental; competência da União, Estados e Municípios; listagem de atividades sujeitas ao licenciamento; Estudos Ambientais, Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental.
- Santos, G.M., Mérona, B., Juras, A.A., Jégu, M. **Peixes do Baixo Rio Tocantins: 20 anos depois da Usina Hidrelétrica Tucuruí.** Brasília: Eletronorte, 2004.
- Scott, P.C., Ross, L.G. **O potencial da mitilicultura na Baía de Sepetiba.** Panorama da Aquicultura, setembro/outubro, 13-19, 1998.
- Scott, P.C., Vianna, L.F.N. **Determinação de áreas potenciais para o desenvolvimento da carcinicultura em sistema de informação geográfica.** Panorama da Aquicultura, janeiro/fevereiro, 2-5, 2001.
- Scott, P.C. **GIS and remote sensing based models for the development of aquaculture and fisheries in the coastal zone: a case study in Baía de Sepetiba, Brazil.** Tese (Doutorado). Institute of Aquaculture. University of Stirling. Stirling, 2003.
- Vianna, L.F.N. **Métodos determinísticos ou probabilísticos de representação e análise espacial de dados para seleção de sítios em sistemas de informações geográficas? O exemplo da maricultura em Santa Catarina.** Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. INPE, 3195-3202, 2007.
- Völcker, C.M., Scott, P. **SIG e sensoriamento remoto para a determinação do potencial da aquicultura no Baixo São João – RJ.** Sistemas e Gestão, v. 3, n. 3, 196-215, 2008.