



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS

BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Trabalho de Conclusão de Curso

**Quão ameaçadas estão *Parastacus brasiliensis* e *Parastacus defossus*
em Porto Alegre, RS?**

Análise da perda de habitat potencial em decorrência da expansão urbana.

Patrícia Goulart Pinheiro

Orientador: Prof. Me. Heinrich Hasenack

Co-orientadora: Ma. Kelly Martinez Gomes

Porto Alegre, novembro de 2015.

Quão ameaçadas estão *Parastacus brasiliensis* e *Parastacus defossus* em Porto Alegre, RS? Análise da perda de habitat potencial em decorrência da expansão urbana.

Orientador: Prof. Me. Heinrich Hasenack

Co- orientadora: Ma. Kelly Martinez Gomes

Banca examinadora:

Prof. Dr. Demétrio Luis Guadagnin

Profa. Dra. Georgina Bond Backup

Manuscrito formatado segundo as regras editoriais da Revista Brasileira de Biociências.

As figuras essenciais seguem ao longo do texto para melhor compreensão.

Os mapas estão contidos na forma de anexo.

Porto Alegre, novembro de 2015.

AGRADECIMENTOS

Neste espaço que me é dado, no qual estou livre para escrever a minha maneira (sem necessidade de citar nem de referenciar), escreverei como mais gosto: de acordo com o surgimento dos sentimentos.

Ao longo da minha curta vida, dentre todas as escolhas que fiz, uma me parece a mais certa: a escolha de estudar a vida. Lembro-me até hoje da aula de Ciências (sobre fotossíntese) que me despertou fascínio e amor pela natureza. Tão incrível o fato das plantas produzirem seu próprio alimento! Depois desta, inúmeras outras descobertas me fascinaram, pelas suas diferentes formas de existência, de sobrevivência, de interação - entre tantas outras características - minha curiosidade foi capturada. Sou imensamente grata por ter tido a oportunidade de expandir meus conhecimentos sobre o estudo da vida!

Esta oportunidade talvez não tivesse ocorrido se não existissem as políticas de cotas na UFRGS. Por muito tempo o ingresso nas universidades públicas, ambientes altamente elitizados, foi almejado por cidadãos como eu; embora isto parecesse um sonho distante. Esboço um sorriso de gratidão todas as vezes que vejo um cotista (seja pobre, negro ou índio) nos ambientes desta universidade. Devo agradecer, também, ao meu pai que foi, é e sempre será meu maior exemplo de perseverança nos estudos. Sempre me mostrando que o maior recurso dos menos privilegiados é o conhecimento.

Não poderia deixar de demonstrar meu sentimento de gratidão à minha mãe que é o meu referencial de força, de luta e de amor à/na vida! Estendo este agradecimento às mulheres que não medem esforços para enfrentar a vida, às vezes tão doída, nesta sociedade que nos oprime das mais diversas formas. Prometo levar a nossa luta para todos os lugares onde me fizer presente!

Sou imensamente grata aos ensinamentos que os mestres me proporcionaram. Especialmente ao prof. Dr. Luciano de A. Moura, por acreditar no meu potencial quando eu era apenas uma recém-chegada aluna de primeiro semestre; ao prof. Dr. Luciano Bedin, por me mostrar que podemos ver o mundo com outras perspectivas; ao prof. Dr. Paulo Brack, por ser um grande exemplo de biólogo e por lutar pela causa ambiental; e, lógico, ao meu orientador, prof. Me. Heinrich Hasenack, por ser tão paciente por sempre estar disposto a ensinar, a ouvir meus questionamentos e por ser, para mim, um grande exemplo de profissional.

Agradeço, também, a Ma. Kelly Martinez Gomes, por ter me mostrado o maravilhoso mundo dos lagostins, e a prof. Dra. Paula Beatriz Araújo, por ter me dado à oportunidade de realizar este lindo trabalho. Sou grata às considerações da banca examinadora, prof. Dr. Demétrio Luís Guadagnin e profa. Dra. Georgina Bond Buckup, as quais serão de grande valia ao meu trabalho.

Ao longo da vida e pelo estudo da vida, pude conhecer pessoas que são muito importantes para mim: os meus amigos! Agradeço por ter conhecido todos vocês! As mais antigas, Jéssica, Grazi e Mine, obrigada por serem tão diferentes de mim e por serem especialmente maravilhosas! Aos “bioamigos”, “biolindos”, Amanda, Pâm, Jenni, Débora, Natália, Jeniffer, Andressa, Lilith, Ingrid, Cibele, Pietro, Lucas, Verônica, Malu e Bruna, obrigada! Sou grata por tornarem minha vida cheia de indiadas, conselhos, choros, sorrisos (e gargalhadas), mais leve e mais feliz! Agradeço à minha irmã, Gabi, por estar comigo nesta vida tão intensa, linda e cheia de aprendizados.

Por estudar, conhecer e encontrar vidas eu agradeço!

“Assovia o vento dentro de mim. Estou despido.
Dono de nada, dono de ninguém, nem mesmo dono de minhas certezas,
sou minha cara contra o vento, a contravento,
e sou o vento que bate em minha cara.”

Eduardo Galeano

Quão ameaçadas estão *Parastacus brasiliensis* e *Parastacus defossus* em Porto Alegre, RS?

Análise da perda de habitat potencial em decorrência da expansão urbana.

Patrícia Goulart Pinheiro^{1*}; Heinrich Hasenack¹ e Kelly Martinez Gomes²

¹ *Laboratório de Geoprocessamento, Centro de Ecologia, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Avenida Bento Gonçalves, 9500. Prédio 43411, sala 203, CEP 91501-970, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.* ² *Laboratório de Carcinologia, Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Avenida Bento Gonçalves, 9500. Prédio 43435, sala 214, CEP 91501-970, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.*

**Autor para correspondência: patgopi@gmail.com*

RESUMO: Quão ameaçadas estão *Parastacus brasiliensis* e *Parastacus defossus* em Porto Alegre, RS? Análise da perda de hábitat potencial em decorrência da expansão urbana.

Os parastacídeos, crustáceos popularmente conhecidos como lagostins de água doce, podem ser encontrados em arroios, nas proximidades de corpos d'água doce e áreas úmidas no sul da América do Sul. No Brasil as espécies de *Parastacus* estão restritas ao RS e SC, onde se verifica a ocorrência de seis das oito espécies conhecidas para o gênero. *Parastacus brasiliensis* (von Martens, 1869) é uma espécie endêmica para RS, que habita córregos e rios de algumas bacias hidrográficas do estado. *Parastacus defossus* Faxon, 1898 habita as áreas úmidas do RS e do Uruguai, sendo conhecido pelo seu alto potencial escavador. Solos compostos por partículas areno-argilosas e que tem maior proximidade da água são mais favoráveis à escavação dos lagostins. Os objetivos deste estudo são identificar áreas de hábitat potencial no município de Porto Alegre, RS e mensurar quanto desse hábitat foi e poderá vir a ser perdido em função da expansão urbana sobre essas áreas. Para avaliar o hábitat potencial utilizou-se dados espaciais de solos, declividades e uso da terra. Mapas de urbanização em 1975 e 2002 serviram de base para predizer a urbanização em 2029. A área potencial para *Parastacus* em Porto Alegre corresponde a 47,73% da área do município. Dessa área, 19,89 % estava ocupada por urbanização em 1975, 39,72 % em 2002 e a predição para 2029 é de que 42,92% estará ocupado por urbanização. A ocupação da maior parte das áreas aptas para urbanização até 2002 parece ser a razão da diminuição da taxa de urbanização em áreas de hábitat potencial dos lagostins. Mapas mais detalhados de solos e de urbanização permitiriam identificar pequenas áreas de hábitat potencial não capturadas pelos dados usados no presente trabalho.

Palavras-chave: lagostins, uso da terra, análise de mudança, SIG

ABSTRACT: How endangered are *Parastacus brasiliensis* and *Parastacus defossus* in Porto Alegre, RS? Analysis of potential habitat loss as a result of urban sprawl.

Parastacids are crustaceans popularly known as freshwater crayfishes, which can be found in streams, near watercourses and floodplains (wetlands) in southern South America. In Brazil *Parastacus* species are restricted to RS and SC, where it checks for six of the eight known species of the genus. *Parastacus brasiliensis* (von Martens, 1869) endemic species to RS, which inhabits the streams and rivers of some hydrographic basins of state. *Parastacus defossus* Faxon, 1898 inhabits the wetlands of RS and Uruguay, and is known for its high digger potential. The present study aims to identify potential habitat areas in Porto Alegre, RS and calculate how much of this habitat was or may be lost for urban development. To generate the map of potential habitat soil and slope maps were used. The urbanization was taken from land use land cover maps (LULC) for the years 1975 and 2002 and LULC map for 2029 was predicted using Markov chains. The potential habitat covers 47,73% of the municipality (4 km²). Urban development took 19,89% in 1975, 39,72 % in 2002 and may occupy in 2029 42,92 % of the potential habitat area for *Parastacus*. Most of the potential area was already used by urbanization in 2002, what seems to be a reason why the prediction of urban development shows a lower habitat loss. Soil and LULC maps with higher detail would probably show small areas of potential habitat not detected in the present study.

Keywords: crayfishes, land use, change analysis, GIS

INTRODUÇÃO

As espécies do gênero *Parastacus* Huxley, 1978 (Crustacea, Decapoda, Parastacidae) apresentam distribuição para o sul da América do Sul e são popularmente conhecidas como lagostins de água doce. No Brasil, sua ocorrência está restrita aos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Buckup & Rossi 1980), onde se verifica a ocorrência de seis das oito espécies conhecidas para o gênero (Buckup 1999). Entretanto, o grupo é marcado por incertezas taxonômicas o que torna sua diversidade subestimada (comunicação pessoal - Ribeiro 2015).

Os parastacídeos habitam uma grande diversidade de ambientes de água doce (Fig. 1a e 1b) (Nyström 2002), onde podem ser encontradas habitações subterrâneas, por eles construídas. Elas são estruturadas em túneis inclinados, simples ou ramificados, de até um metro ou mais de profundidade ligando o nível do lençol freático à superfície do solo (Buckup 1999). Muitas funções são atribuídas aos túneis como, por exemplo, abrigo contra predadores, canibalismo e proteção contra condições ambientais extremas (temperatura e umidades fora das ideais) (Ilhéu *et al.*, 2003; Noro & Buckup 2010). Além disso, os lagostins podem sobreviver períodos com baixa concentração de oxigênio (hipóxia) ou até mesmo em sua ausência (anóxia) (Silva-Castiglioni 2012), uma vez que são capazes de promover respiração aérea (McMahon 2002).

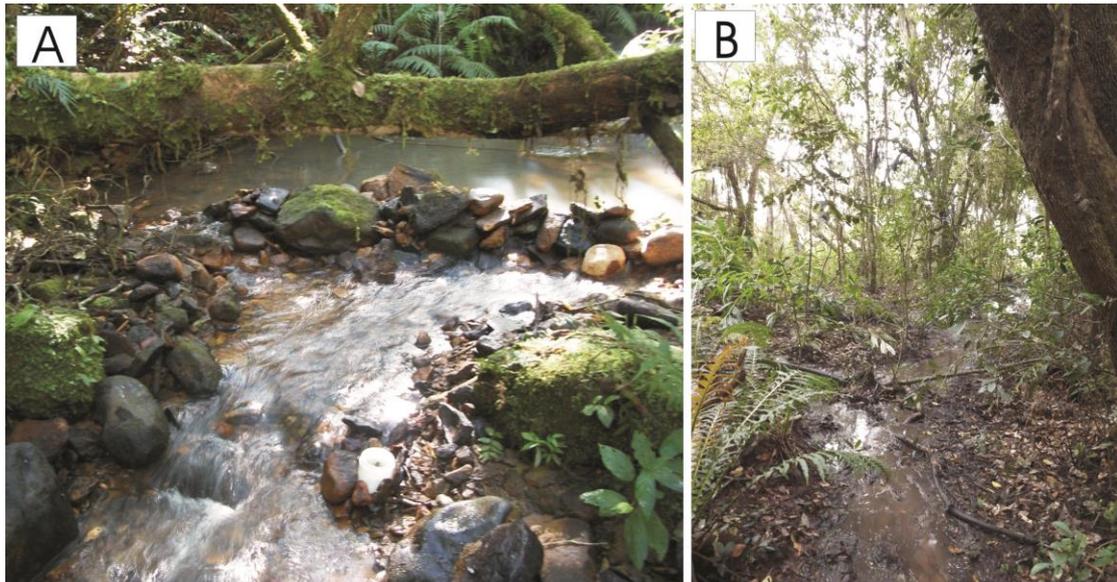


Figura1: Ambientes de água doce em que os parastacídeos ocorrem. a - arroio (Foto: Silvana Leal). b - área úmida (Foto: Kelly Martinez Gomes).

Os lagostins, pela construção de túneis subterrâneos, exercem ação modificadora do habitat, ao transportarem sedimentos e outras partículas sólidas, podendo atuar como espécies engenheiras do ecossistema (Statzner *et al.* 2000). Por revolverem o solo, possibilitam o aumento das trocas gasosas entre as camadas mais profundas do solo e o transporte de microorganismos que vivem em maior profundidade (Richardson 1983). Além disso, os lagostins do Rio Grande do Sul são uma importante opção alimentar para mamíferos e aves ribeirinhas (Buckup 1999).

Parastacus brasiliensis (von Martens, 1869) (Fig. 2), espécie endêmica do Rio Grande do Sul, habita densamente as margens dos rios e arroios de algumas bacias hidrográficas do Estado (Buckup 1999). Prioriza águas lânticas ou lóaticas de pequeno volume e correnteza fraca, onde é encontrada principalmente sob detritos vegetais acumulados nos remansos (Buckup & Rossi 1980; Fontoura & Buckup 1989). As suas tocas (Fig. 2) construídas são consideradas perfurações simples, em sua maioria sem ornamentações, e quando presentes medem poucos centímetros (comunicação pessoal - Gomes 2015).

Parastacus defossus Faxon, 1898 (Fig. 2), diferentemente de *P. brasiliensis*, é uma espécie fossorial, ocorre no Uruguai e no Brasil, mais precisamente no estado do Rio Grande do Sul; onde é abundantemente encontrada em solos argilosos das planícies pantanosas adjacentes ao Guaíba, ao sul de Porto Alegre (Buckup & Rossi 1980). Constroem tocas que possuem ornamentações (conhecidas como chaminés) e que podem alcançar cerca de 30 cm acima do solo (Fig. 2) (comunicação pessoal - Gomes 2015), o que as torna de fácil visualização. Suas tocas, geralmente, têm muitas aberturas, chegando a formar extensas e profundas galerias que servem para alcançar o nível do lençol freático (Noro & Buckup 2010).

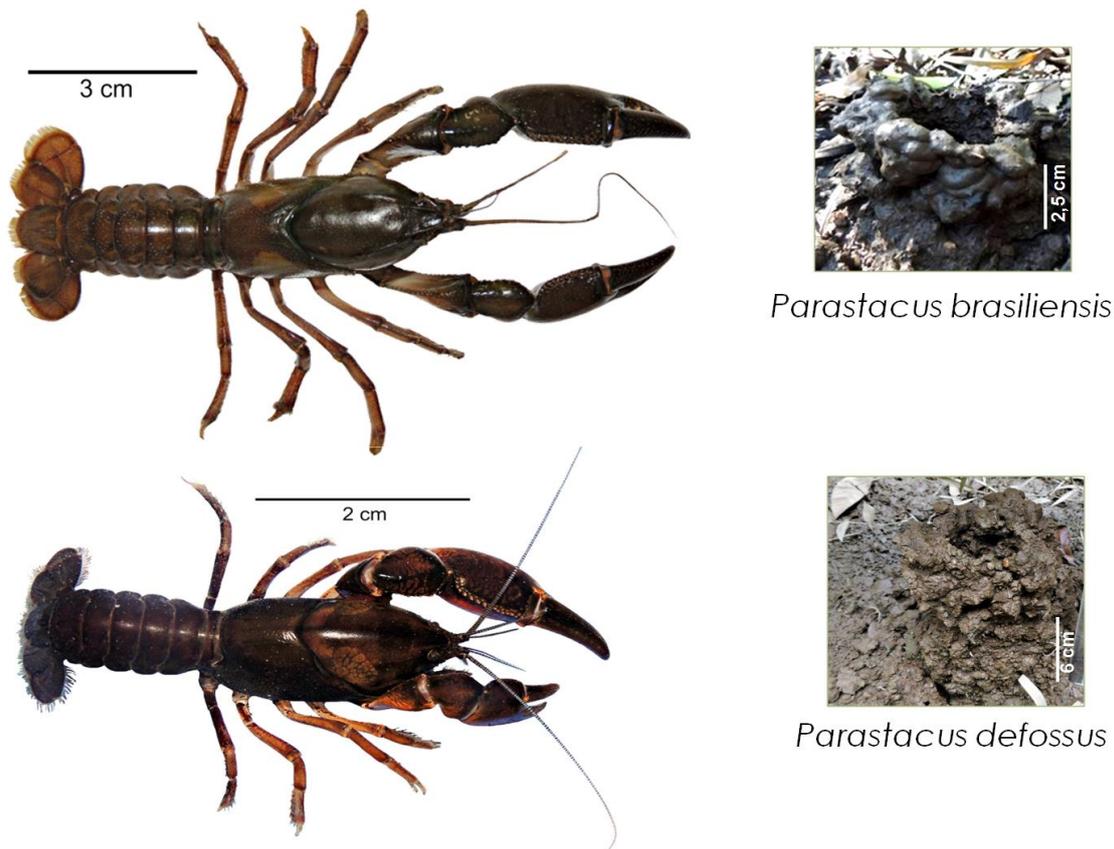


Figura 2: *Parastacus brasiliensis* e *Parastacus defossus* com suas respectivas tocas com ornamentações, as chaminés, ao lado. A chaminé de *Parastacus brasiliensis* é menor que a de *P. defossus* com 2,5cm e 6cm respectivamente. (Foto: Felipe Bezerra Ribeiro).

Partindo-se do pressuposto de que solos compostos por partículas areno-argilosas e que tem maior proximidade da água são mais favoráveis à escavação dos lagostins (Barbaresi *et al.* 2004; Helms *et al.* 2013) o tipo de solo pode ser um fator de influência na distribuição de ambas às espécies. Dos solos que ocorrem em Porto Alegre (Schneider *et al.* 2008), os Gleissolos e Planossolos parecem preencher os requisitos de *Parastacus brasiliensis* e *P. defossus*. Os solos do tipo Gleissolos são solos pouco profundos, muito mal drenados, de cor acinzentada ou preta (Streck *et al.* 2002). Neles ocorrem encharcamentos prolongados ocasionados por um lençol freático próximo à superfície, pelo menos em alguns meses do ano (Lepsch 2002). Os Planossolos são comumente encontrados em áreas de várzea, com relevo plano a suavemente ondulado (Streck *et al.* 2002). Possuem, comumente, uma súbita mudança no perfil do solo, de camadas mais arenosas para uma camada mais argilosa, o que causa a retenção da água e mantém o solo encharcado (Schneider *et al.* 2008).

O município de Porto Alegre, no Rio Grande do Sul, possui uma área extremamente complexa, onde estão presentes porções do Escudo Sul-riograndense da Depressão Periférica gaúcha, do fundo da Planície Costeira e do sistema lagunar (Ab'Sáber 1966). Dos solos que ocorrem no município os Argissolos, Cambissolos, Neossoloslitólicos e regolíticos estão nas áreas mais elevadas e de relevo ondulado, enquanto Planossolos, Gleissolos e Plintossolos e Neossolos flúvicos nas porções mais baixas e planas (Schneider *et al.* 2008).

As áreas úmidas encontram-se geralmente associadas com áreas de baixa altitude e baixa declividade, o que dificulta a drenagem. Esses ambientes também apresentam o lençol freático próximo da superfície, sendo facilmente encharcados. Informações altimétricas podem ser utilizadas para identificar as áreas de menor altitude, mas também para derivar declividades. Quanto maior a declividade, mais eficiente é o escoamento superficial. Portanto, áreas de baixa declividade podem indicar áreas com potencial de ocorrência dos parastacídeos.

Por outro lado, desde o final do século XIX Porto Alegre tem passado por forte desenvolvimento industrial e comercial, e, nos últimos anos, há ainda, um denso processo de metropolização da região de seu entorno (Souza 2007). A cidade se expandiu sobre as porções terrestres da beirada alta do Guaíba. Sucessivamente atingiu as planícies aluviais existentes, tanto ao norte (Bairro Navegantes, p.ex.) como ao sul (Bairro Menino Deus). O povoamento, então se deu de forma descontínua contornando os morros altos e ocupando as planícies ou mesmo subindo as encostas menos íngremes (Ab'Sáber 1966).

Atualmente, o forte crescimento urbano experimentado pela zona norte de Porto Alegre deu-se principalmente sobre áreas baixas e mal drenadas que foram aterradas para permitir a urbanização. Mais recentemente, a zona sul de Porto Alegre, que décadas atrás era pouco povoada, começou a passar por uma forte especulação imobiliária. A expansão sobre áreas de Planossolos e Gleissolos pode ter reduzido áreas de habitat potencial para ocorrência de *P. brasiliensis* e *P. defossus*. As espécies de lagostins do Brasil estão classificadas como dados insuficientes (DD), ou seja, faltam dados para avaliá-las segundo os critérios da IUCN RedList, porém isso não exclui a possibilidade de estarem ameaçadas de extinção (Almerão *et al.* 2014).

A questão é: quão ameaçadas estão estas espécies em decorrência da perda de habitat potencial devido à expansão urbana? Assim, os objetivos deste estudo são identificar áreas de habitat potencial no município de Porto Alegre, RS e mensurar quanto desse habitat foi e poderá vir a ser perdido em função da expansão urbana sobre essas áreas.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o estudo de áreas de habitat potencial de *Parastacus brasiliensis* e *P. defossus* no município de Porto Alegre foi utilizado o mapa de solos (Schneider *et al.* 2008) e o modelo numérico do terreno elaborado por (Cavalli 2012) a partir das curvas de nível do mapa altimétrico de Porto Alegre (Hasenack *et al.* 2010). Para estabelecer a porção urbanizada do município foram utilizados dados vetoriais de área urbanizada em 1975, obtida por interpretação de fotos aéreas visando à elaboração das cartas do Exército (Hasenack & Weber 2010) e o mapa de cobertura vegetal do Bioma Pampa derivado de imagens de satélite Landsat TM (Hasenack & Cordeiro 2006). Todos os dados espaciais tiveram seu sistema de referência cartográfica harmonizado para a Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) da zona 22, datum SIRGAS2000.

A análise espacial foi realizada utilizando os softwares Idrisi Selva (Clarklabs) e Cartalinx (Clarklabs). Todos os dados espaciais foram transformados para o formato raster ou imagem e para tal definiu-se um retângulo envolvente do município de Porto Alegre cujas coordenadas UTM limite são: Xmin 470600 mE, Xmax 50000 mE, Ymin 6651080 mN, Ymax 6689300 mN, gerando uma imagem com 980 colunas e 1274 linhas. A resolução adotada foi de 30m, a mesma das imagens de satélite Landsat TM, a qual também é compatível para mapas na escala 1:50.000, escala utilizada nas cartas em papel do Exército (Hasenack & Weber 2010) as quais serviram de base para o mapa de solos do município (Schneider *et al.* 2008) utilizado nesse trabalho.

O município de Porto Alegre (30° 01' 40" S; 51° 13' 43" W), capital do estado Rio Grande do Sul, possui 49668,2 hectares. Com aproximadamente 1,5 milhão de habitantes é a décima capital mais populosa do Brasil (IBGE 2014). Sua paisagem é única, pois reúne áreas rurais com áreas altamente urbanizadas, sendo composta por um mosaico (espacial,

territorial) em que se destacam o ambiente construído (30,94%) e o ambiente não construído (69,06%) (Hasenack *et al.* 2008).

A estimativa das áreas potenciais foi feita com base em uma reclassificação de mapas de solos e declividades. A descrição da legenda do mapa de solos de Porto Alegre (Schneider *et al.* 2008), permitiu diferenciar solos cujas características de textura e hidromorfismo parecem se ajustar aos hábitos de vida das espécies de *Parastacus* estudadas. Com base nesse pressuposto, tomou-se o mapa de solos de Porto Alegre para derivar dele um arquivo identificando esses solos preferenciais. Criou-se assim, no software Idrisi, um mapa binário no qual os solos considerados preferenciais, Gleissolos e Planossolos, receberam o código um, enquanto os demais solos, não preferenciais, receberam o código zero.

O mapa de solos, entretanto, possui uma escala original que não permite individualizar cada classe de solo. Em consequência, uma unidade de mapeamento pode conter várias classes de solo, embora sejam denominados apenas pelas duas ou três classes predominantes. Em função disso optou-se por utilizar um mapa de declividades para buscar em outras unidades de mapeamento não preferências, áreas cuja altitude e declividade poderiam indicar áreas planas e úmidas. O manual de pedologia do IBGE (IBGE 2007) estabelece como fases de relevo suave aquelas declividades inferiores a 13%. Com base nesse valor gerou-se um mapa binário onde declividades inferiores a 13% foram consideradas aptas para habitat e declividades superiores a esse valor receberam código zero, inaptas. Os arquivos binários dos solos e das declividades preferenciais foram combinados através de uma operação de intersecção, resultando no mapa final de aptidão para a ocorrência das espécies de *Parastacus*. Áreas identificadas com código um são aptas e com código zero, inaptas.

O mapa de uso da terra de 1975 foi gerado por vetorização no software Cartalinx (Clarklabs) de cartas topográficas do Exército no município. O produto foi rasterizado e

contêm as classes (1) Água, (2) Banhado, (3) Campo, (4) Mata, (5) Cultivo e (6) Urbanizado. Para gerar o mapa da área urbanizada de 1975 a classe (6) Urbanizado, no mapa reclassificado, recebeu o código um, as demais classes, zero. O mapa de 2002 foi derivado do mapa de cobertura vegetal dos Biomas Brasileiros (Hasenack *et al.* 2006), o qual foi rasterizado para a janela do município de Porto Alegre e reclassificado para as classes (1) Água, (2) Banhado, (3) Campo, (4) Mata, (5) Cultivo e (6) Urbanizado. Para gerar o mapa da área urbanizada de 2002 a classe (6) Urbanizado, no mapa reclassificado, recebeu o código um, as demais classes, zero.

Visando estimar o que poderá vir a ser o uso da terra em 2029, os mesmos 27 anos de diferença entre 1975 e 2002, utilizou-se uma técnica predição de mudança de *Markov* (Eastman 2012). Essa ferramenta identifica as mudanças ocorridas entre os anos 1975 e 2002 e gera uma imagem de probabilidade de mudança para cada classe de cobertura do solo. O conjunto das imagens de probabilidades foi utilizado com o mapa de uso da terra de 2002 na técnica *Ca_Markov* (Eastman 2012) para estimar o uso da terra de 2029. A imagem resultante foi reclassificada para extrair apenas a classe de urbanização, a qual recebeu o código um, as demais classes receberam o código zero. O mapa de habitat potencial derivado dos solos e das declividades foi sobreposto a cada um dos arquivos binários de área urbanizada (1975, 2002 e 2029). O resultado mostra áreas com habitat potencial com e sem urbanização nas respectivas datas.

As informações de georreferenciamento das ocorrências de *Parastacus* (dados não publicados - Gomes 2012-2015) foram utilizadas para gerar um arquivo vetorial de pontos da distribuição de *P. defossus* e *P. brasiliensis* no município de Porto Alegre. As amostragens foram realizadas de setembro/2012 a fevereiro/2015.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapa binário de solos preferenciais (Fig. 3a) é composto pelas áreas ocupadas pelos Gleissolos e Planossolos, ambos os tipos de solos são considerados hidromórficos. Nos Gleissolos o lençol freático está próximo da superfície (Lepsch 2002; Schneider *et al.* 2008), permitindo que as tocas sejam rasas. Os Planossolos por possuírem textura areno-argilosas garantem que as tocas possam ser construídas de forma que consigam se sustentar e, também, que os lagostins alcancem o nível do lençol freático através dos túneis (Barbaresi *et al.* 2004).

O uso do mapa de declividades (Fig. 3b) serviu para refinar as informações sobre os solos aptos às espécies. As três classes de declividades mais baixas ou fases de relevo mais suaves (0-3% plano, 3-8% suave e 8-13% suave-ondulado) usadas nos levantamentos de solos, independente da classe de solos, foram consideradas habitat potencial. Declividades com estas características, especialmente em áreas baixas ou próximas a corpos d'água, geralmente são úmidas. Nos locais em que essas características de solos e declividades são encontradas foi possível observar a ocorrência de *P. brasiliensis* e *P. defossus* em simpatria, mas cada uma em seu tipo de habitat característico, arroio e áreas úmidas, respectivamente. Estas características combinadas (Fig. 3c) exercem uma influência positiva sobre a ocorrência das espécies, sendo facilitadoras da escavação dos lagostins.

Embora os fatores tenham sido testados para ambas as espécies, *P. defossus* respondeu melhor ao método empregado do que *P. brasiliensis*. Para espécies de alto potencial escavador, como *P. defossus*, a umidade do solo e a proximidade do nível do lençol freático são alguns fatores importantes para a escavação (Barbaresi *et al.*, 2004, Noro & Buckup 2010). Isso fica evidente pela diminuição no número de tocas com chaminés abertas durante a estação seca (verão) e o aumento na quantidade de chaminés construídas nos períodos chuvosos; assim, os túneis auxiliam na manutenção da umidade mesmo em condições extremas (Noro & Buckup 2010). O mapa de habitat potencial, portanto, reúne as

áreas de Gleissolos e Planossolos além daquelas de outras classes de solos desde que a declividade seja inferior a 13%.

Os mapas de uso da terra, para cada ano (1975, 2002 e 2029) (Fig. 4a, 4b e 4c), serviram para identificar áreas alteradas pela urbanização, as quais parecem ter ocorrido sobre antigas áreas de campo e eventualmente de banhado. Entre os anos de 1975 e 2002 houve uma perda de 17786,61 ha da área campestre do município. Essa perda se deu em função do aumento da urbanização e de cultivo que tiveram ganho no decorrer do período, 10311,12 ha e 8928 ha, respectivamente. As áreas de mata aumentaram 1367,37 ha e as de banhado diminuíram 3331,62 ha nesses 27 anos (Fig. 5). Esse resultado evidencia a expansão urbana que ocorreu no município nas últimas décadas. Podemos observar no mapa de uso da terra de 1975 a predominância do campo em Porto Alegre. A porção urbanizada ficava mais concentrada no norte do município (Fig. 4a). No mapa de 2002 (Fig. 4b), vemos que as áreas urbanizadas se expandiram para outras regiões do município, pois a região central serviu como facilitadora para a expansão urbana em especial ao longo das vias principais.

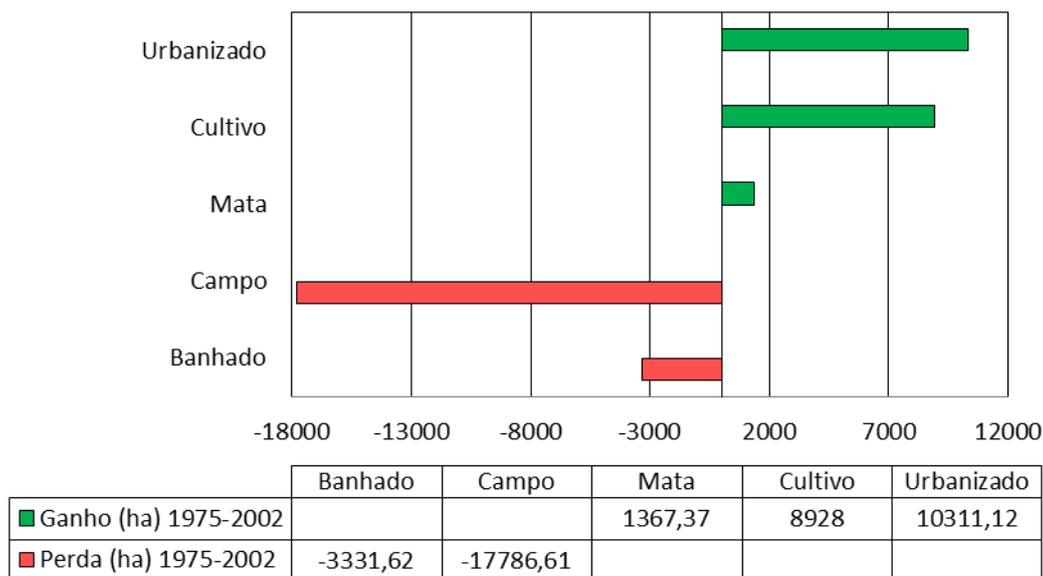


Figura 5: Gráfico de perdas e ganhos em hectares para cada classe de uso da terra nos anos entre 1975 e 2002. Houve uma perda de 17786,61 ha da área campestre do município. Houve aumento da urbanização e de cultivo no decorrer do período em 10311,12 ha e 8928 ha, respectivamente. As áreas de mata aumentaram 1367,37 ha e as de banhado diminuiram 3331,62 ha nesses 27 anos.

A projeção para o ano de 2029 (Fig. 4c) foi feita com bases nas mudanças de 1975 para 2002, podemos inferir que a urbanização continuará ocorrendo de maneira expressiva (Fig. 6). Dentre os próximos 27 anos o município poderá ganhar 2600,82 ha em áreas urbanizadas. As áreas de banhado, cultivo e campo poderão ter perdas de 1390,32 ha, 20,52 ha e 776,43 ha, respectivamente. A área de mata poderá ganhar 52,38 ha no período estimado. A urbanização tende a continuar se expandindo, pois a pressão imobiliária dos últimos anos tem crescido. A zona sul, onde décadas atrás era comum encontrar grandes extensões não urbanizadas, será altamente visada no avanço urbano. Por ter sido feita em um intervalo amplo, a predição de mudança deve ser interpretada com certo cuidado, pois no período de 1975 e 2002 podem ter ocorrido eventos não observados, como flutuações na expansão urbana.

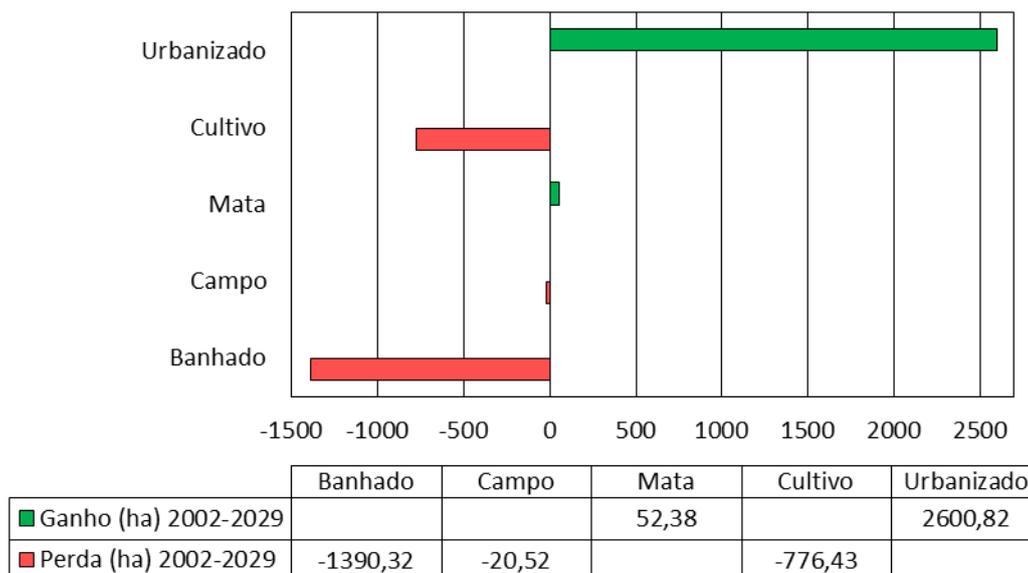


Figura 6: Gráfico de perdas e ganhos em hectares para cada classe de uso da terra nos anos entre 2002 e 2029. Nos próximos 27 anos o município poderá ganhar 2600,82 ha em áreas urbanizadas. As áreas de banhado, cultivo e campo poderão ter perdas de 1390,32 ha, 20,52 ha e 776,43 ha, respectivamente. A área de mata poderá ganhar 52,38 ha entre 2002 e 2029.

A área de habitat potencial em Porto Alegre (Fig. 3c), nos solos e nas declividades, representa 47,73% (22801,41 ha). Ao combinar o mapa de uso da terra de 1975 (Fig. 4a) com o de habitat potencial observa-se ter havido redução de 19,89% desse habitat. Em 2002 a área urbana cobria 39,72% das áreas aptas, o que representa um aumento de 19,83% em relação às perdas de 1975. Na predição para 2029 a área potencial diminuirá para 42,92%, uma perda adicional de 3,2% em relação a 2002. Na combinação do mapa de habitat potencial com toda a área urbanizada (incluindo áreas potenciais e áreas sem potencial) de 1975, de 2002 e de 2029 temos que o município possuía 21,46% e 43,46% para 1975 e 2002, respectivamente. Em 2029 a área urbanizada poderá cobrir 49,89% do município (Fig.7).

O aumento mais expressivo da urbanização entre 1975 e 2002 pode estar associado ao fato de nesse período ter havido maior disponibilidade de áreas planas, as quais são mais interessantes para o mercado imobiliário. Em 2002 a disponibilidade desse tipo de ambiente

não é tão grande, o que parece ter sido a razão da menor perda de habitat entre a predição do período futuro de 2002 a 2029. Do ponto de vista das espécies isso é positivo, pois a pressão sobre seu habitat potencial tende a diminuir.

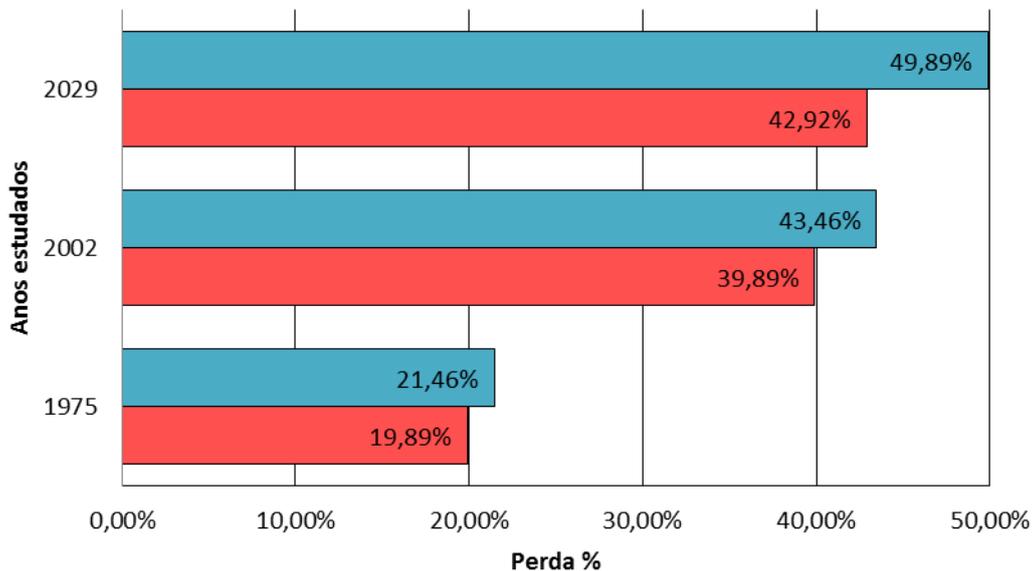


Figura 7: Gráfico do percentual de perda de habitat potencial nos três anos estudados (em vermelho) e do percentual de urbanização no município nas três datas (em azul). Vermelho: Em 1975 houve perda de habitat potencial de 19,89%; Em 2002 a área urbana cobria 39,72% das áreas aptas; Na predição para 2029 a área potencial diminuirá para 42,92%. Azul: Em 1975 o município era urbanizado em 21,46%; Em 2002 a área urbanizada cobria 43,46%; Em 2029 a área poderá cobrir 49,89% do município.

Os registros de ocorrência serviram como apoio os mapas gerados para as espécies. Pode-se notar que alguns locais com presença de *P. brasiliensis* e *P. defossus* não estão representados como áreas aptas no mapa de habitat potencial. Em parte isso pode ser explicado pela escala do mapa de solos, talvez muito genérico para as espécies consideradas. As populações das espécies podem ocorrer em áreas diminutas não discriminadas pelo mapa de solos. As ocorrências, muitas vezes, estavam em pequenas áreas dentro de propriedades (na horta do proprietário, nas bordas do açude, em locais úmidos dentro dos capões de mata), ou seja, em locais que requerem uma escala mais fina para ser observada.

Parastacus defossus respondeu positivamente ao método utilizado e possivelmente outras espécies com hábito de vida semelhante podem se adequar a esse tipo de abordagem. Por isso há a necessidade do uso de outros fatores para que possamos melhor compreender a ocorrência de *P. brasiliensis*. Ambas as espécies apresentam potencial escavador, mas possuem diferenças quanto à intensidade deste comportamento e quanto aos seus habitats. *Parastacus defossus* tem maior associação com os solos encharcados do que *P. brasiliensis*. Sendo assim, torna-se mais difícil estimar a importância do fator solos para *P. brasiliensis*, porém, esta foi apenas uma das abordagens dada ao trabalho. Para uma melhor estimativa para esta espécie pode-se usar a análise de áreas potenciais tendo como fator de ocorrência a drenagem dos rios e arroios do município de Porto Alegre.

CONCLUSÃO

- A área de habitat potencial é de 47,73% (22801,41 ha);
- A urbanização do município de Porto Alegre reduziu essa área potencial em 19,89% em 1975, aumentou para 39,72% em 2002 e em 2029 deverá alcançar 42,92%;
- A estimativa para 2029 deve ser avaliada com cuidado em função do intervalo de tempo utilizado ser amplo;
- O detalhamento do mapa de habitat potencial pode subestimar áreas aptas às espécies. Uma alternativa seria incluir coletas de amostras de solo às amostragens de lagostins;
- Outros fatores não abordados neste estudo podem contribuir positiva ou negativamente para a ocorrência dos lagostins;
- O método pareceu responder melhor para *Parastacus defossus* em função de sua preferência por locais de solos encharcados;
- Para *Parastacus brasiliensis* talvez a drenagem poderia ser um indicador adicional aos fatores que foram estudados;
- A área urbana foi considerada homogênea, o que é uma simplificação decorrente da fonte de dados de uso da terra. Áreas urbanas menos densas podem conter áreas potenciais ignoradas na presente análise.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SÁBER, A. N., 1966. O sítio urbano de Porto Alegre (Primeiros estudos). In
- AB'SÁBER, A. N.; ROCHE, J. **Três estudos rio-grandenses**. Gráfica da Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. p.7-28.
- ALMERÃO, M. P.; RUDOLPH, E.; SOUTY-GROSSET, C.;CRANDALL, K.;BUCKUP, L.; AMOURET, J.; VERDI, A.; SANTOS, S.; ARAUJO, P. B., 2014. The native South American crayfishes (Crustacea, Parastacidae):state of knowledge and conservation status. **Aquatic Conservation: Marine And Freshwater Ecosystems**. **25**:288-301.
- BARBARESI, S.; TRICARICO, E.; GHERARDI, F., 2004. Factors inducing the intense burrowing activityof the red-swamp crayfish *Procambarus clarkii*, an invasive species. **Naturwissenschaften**. 91:342–345.
- BUCKUP, L; ROSSI, A., 1980. **O gênero *Parastacus* no Brasil (Crustacea, Decapoda, Parastacidae)**. Revista Brasileira de Biologia, Rio de Janeiro. 40 (4):663-681.
- BUCKUP, L., 1999. Família PARASTACIDAE (lagostins de água doce). In BUCKUP, L.; BOND-BUCKUP, G. (Org) **Os crustáceos do Rio Grande do Sul**. Editora da Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 319-327.
- CAVALLI, C., 2012. **Delimitação das áreas de preservação permanente em topo de morro no município de Porto Alegre com uso de SIG: um estudo comparativo entre o código florestal de 1965 e o de 2012**. Canoas, UNILASALLE (Trabalho de conclusão), 72 p.
- EASTMAN, J.R., 2012. **Idrisi Selva Manual**. 17. Worcester MA, Clarklabs. 322 p.

FONTOURA, N. F.; BUCKUP, L. 1989. O crescimento de *Parastacus brasiliensis* (von Martens, 1869) (Crustacea, Decapoda, Parastacidae). **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, 49(4): 897-909.

GOMES, K. M., 2012-2015. **Comunicação pessoal**. Porto Alegre.

HASENACK, H.; CORDEIRO, J.L.P.(org.). 2006. **Mapeamento da cobertura vegetal do Bioma Pampa**. Porto Alegre, UFRGS Centro de Ecologia. 30 p. (Relatório técnico Ministério do Meio Ambiente: Secretaria de Biodiversidade e Florestas no âmbito do mapeamento da cobertura vegetal dos biomas brasileiros).

HASENACK, H.; WEBER, E.J.. LUCATELLI, L.M.L. 2010. **Base altimétrica vetorial contínua do município de Porto Alegre-RS na escala 1:1.000 para uso em sistemas de informação geográfica**. Porto Alegre, UFRGS-IB-Centro de Ecologia. Disponível em <http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo>. Consultado em março de 2015.

HELMS, B.; BUDNICK, W.; PECORA, P.; SKIPPER, J.; KOSNICKI, E.; FEMINELLA, J.; STOECKEL, J., 2013. The influence of soil type, congeneric cues, and floodplain connectivity on the local distribution of the devil crayfish (*Cambarus diogenes* Girard). **The Society for Freshwater Science**. **32**(4):1333-1344.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2007. **Manual técnico de pedologia**. Rio de Janeiro, IBGE. s.p. (Manuais Técnicos em Geociências n. 4)

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2014. **Estimativas da população dos municípios brasileiros com data de referência em 1º de julho de 2014**. Rio de Janeiro, IBGE. 18 p. (Nota técnica) Disponível em

http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/pdf/analise_estimativas_2014.pdf,
acessado em 16/10/2015.

ILHÉU, M.; ACQUISTAPACE, P.; BENVENUTO, C.; GHERARDI, F., 2003. Shelter use of the Red-Swamp Crayfish(*Procambarus clarkii*) in dry-season stream pools. **Arch. Hydrobiol.** **157**(4):535-546.

LEPSCH, I. F., 2002. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos. 178p.

McMAHON, B. R. 2002. Physiological Adaptation to Environment. In: D. M. HOLDICH (Ed). **Biology of Freshwater Crayfish**. Oxford, Blackwell Science. p.237- 276.

NORO, C. K., BUCKUP, L., 2010. The burrows of *Parastacus defossus* (Decapoda: Parastacidae), a fossorial freshwater crayfish from southern Brazil. **Sociedade Brasileira de Zoologia.** **27**(3):341–346.

NYSTRÖM, P. 2002. Ecology.. In: D. M. HOLDICH (Ed). **Biology of Freshwater Crayfish**. Oxford, Blackwell Science. p.192-235..

RIBEIRO, F. B. 2015. **Comunicação pessoal**. Porto Alegre, outubro de 2015.

RICHARDSON, A. M. M., 1983. The effect of the burrows of a crayfish on the respiration of the surrounding soil. **Soil Biology and Biochemistry.** **15**(1):239-242.

SCHNEIDER, P.; KLAMT, E.; KÄMPF, N.; GIASSON, E.; NACCI, D. Solos. In HASENACK, H. *et al.* (Coord.), 2008. **Diagnóstico ambiental de Porto Alegre: Geologia, solos, drenagem, vegetação/ocupação e paisagem**. Porto Alegre: Secretaria Municipal do Meio Ambiente. 88p.

SILVA-CASTIGLIONI, D.; DUTRA, B. K.; FERNANDES, F. A.; BUCKUP, L.; OLIVEIRA, G. T., 2012. Adaptações metabólicas dos crustáceos ao déficit de oxigênio ambiental. **Revista Brasileira de Biociências**. Porto Alegre. **10**(1):114-123.

SOUZA, C. F., 2007. Evolução urbana: dos arraiais a metrópole. In MENEGAT, R. *et al.* (Coord.). **Atlas ambiental de Porto Alegre**. 3.ed. Porto Alegre: UFRGS. p;99-102.

STATZNER, B.; FIEVET, E.; CHAMPAGNE, J. Y.; MORE, R.; HEROUIN, E., 2000. Crayfish as geomorphic agents and ecosystem engineers: Biological behavior affects sand and gravel erosion in experimental streams. **Limnology and Oceanography**. **45**:1030-1040.

STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; SCHNEIDER, P.; NASCIMENTO, P. C., 2002. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Emater/RS – UFRGS. 126p.

ANEXOS

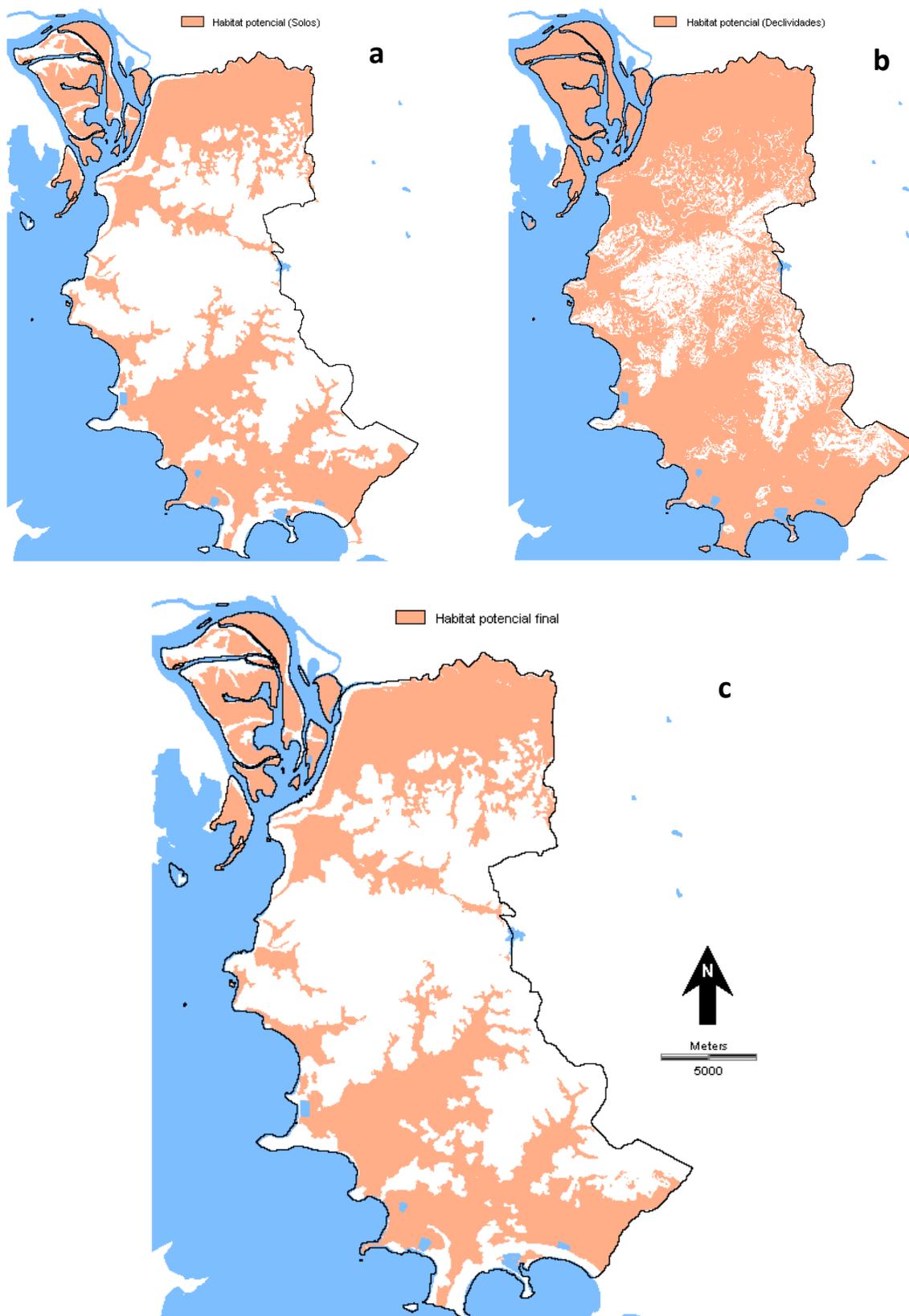


Figura 3: Mapas de habitat preferencial: a - Solos preferencias; b - Declividades preferencias; c - Habitat preferencial total (22801,41 ha). Os mapas foram gerados no software Idrisi.

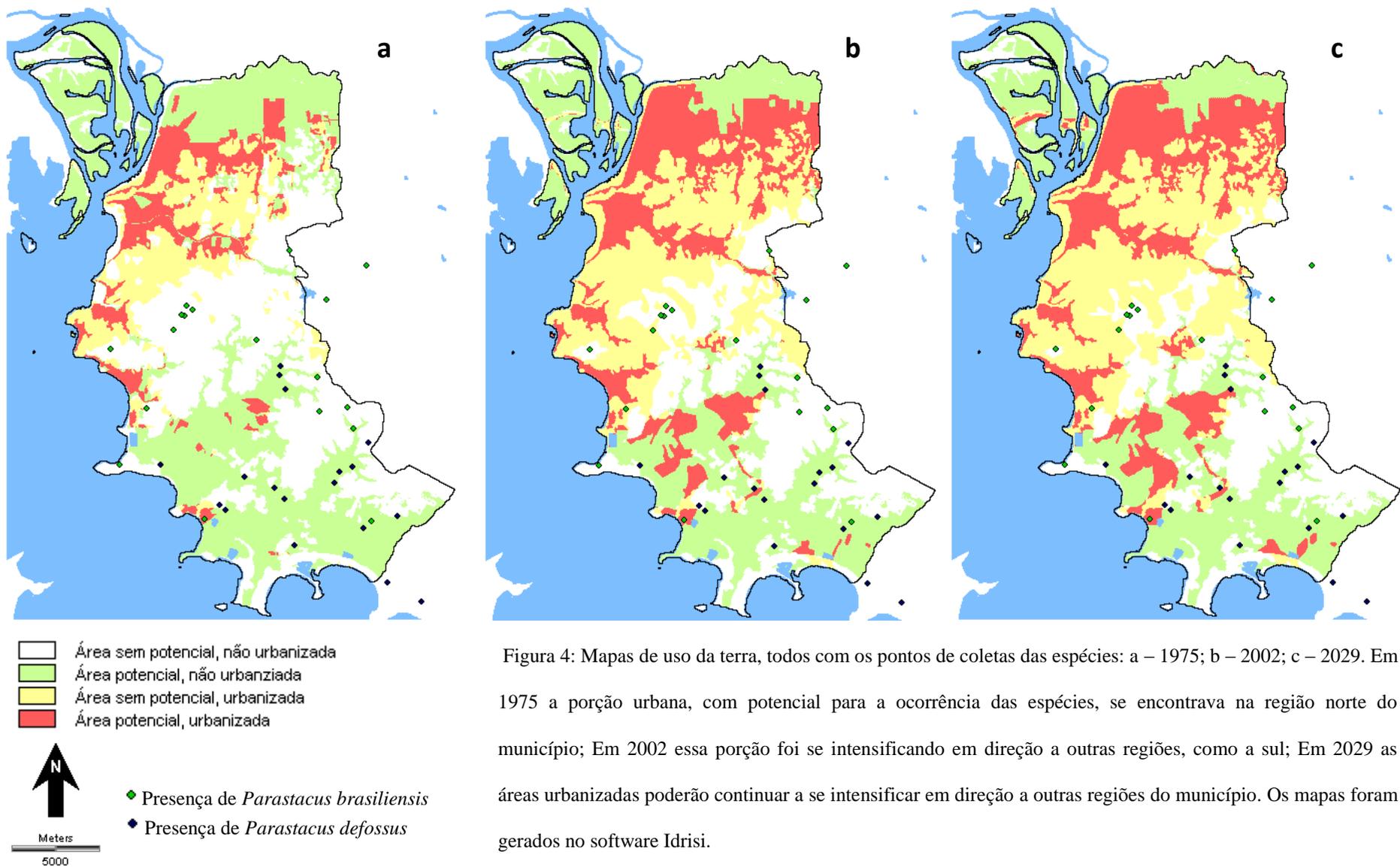


Figura 4: Mapas de uso da terra, todos com os pontos de coletas das espécies: a – 1975; b – 2002; c – 2029. Em 1975 a porção urbana, com potencial para a ocorrência das espécies, se encontrava na região norte do município; Em 2002 essa porção foi se intensificando em direção a outras regiões, como a sul; Em 2029 as áreas urbanizadas poderão continuar a se intensificar em direção a outras regiões do município. Os mapas foram gerados no software Idrisi.