CRESCIMENTO URBANO E PAISAGEM HIDROGRÁFICA: ANÁLISES ESPACIAIS E MODELAGEM URBANA NA FAIXA DE FRONTEIRA BRASIL-URUGUAY.

O. M.Peres, M. C. Polidori, A. P. Vieira, T. Afonso

RESUMO

O trabalho objetiva abordagem integrada entre crescimento urbano e a paisagem natural para as cidades da fronteira entre o Brasil e o Uruguai. Percorre abordagens teóricas, empíricas e de modelagem urbana para identificar, analisar e discutir sobre recorrentes conflitos e articulações espaciais entre forma urbana e paisagem hidrográfica. Insere-se no contexto geomorfológico do bioma Pampa, onde a rede de cidades pequenas e médias dispersas em no território binacional e a paisagem hidrográfica de baixas altitudes e suaves transições topográficas, configuram uma paisagem cultural comum. Envolve um conjunto de dados e recursos de modelagem urbana e ambiental, aplicados em um sistema de informações geográficas, que permite análises espaciais verticais e horizontais, relacionando dados de natureza distinta e estudos comparados entre cidades. Considera-se que o trabalho contribui para a reflexão sobre conflitos e integração entre cidade e natureza, considerando a realidades cultural, social e ambiental da fronteira Brasil e Uruguai.

1 INTRODUÇÃO

No contexto atual da urbanização do planeta, em tempos que a população humana passa a conviver majoritariamente nas cidades, o fenômeno da urbanização está relacionado diretamente com aspectos da qualidade de vida humana e a cidade passa a ser objeto de estudos nos mais diversos campos da ciência. Neste contexto, estudos sobre crescimento urbano tem tido crescente interesse pela comunidade científica internacional e o tema das transformações urbanas está indicado como estratégico para receber recursos e esforços de pesquisa (ESRC, 2013), devido as capacidades de revelar uma infinidade de lógicas intrínsecas, principalmente associas à antecipação de conflitos que ocorram nas cidades. Para o estudo das transformações urbanas, a partir do enquadramento na teoria dos sistemas, ciências complexas e auto-organização, a ciência urbana consolida-se como um campo de investigação que visa compreender os processos urbanos, acumulando teorias e modelos que oferecem um amplo rol de possibilidades descritivas, analíticas e experimentais, as quais que estão intimamente associadas às possibilidades das geotecnologias e da modelagem urbana (Portugali, 2000; Batty, 2013).

Este trabalho objetiva uma abordagem integrada entre as dinâmicas do crescimento e os atributos da paisagem natural, percorrendo abordagens teóricas, empíricas e de modelagem urbana para identificar, analisar e discutir sobre os conflitos sócio-ambientais recorrentes nas cidades da faixa de fronteira entre o Brasil e o Uruguai O trabalho propõe o seu delineamento para a rede de cidades localizadas na faixa de fronteira entre o Brasil e o

Uruguay, inserindo-se no contexto geomorfológico do bioma Pampa. A faixa de fronteira Brasil e Uruguay está definida pelo Estatuto da Fronteira (2010) como o Arco de Fronteira Sul, Sub-Região XVII, correspondendo a uma faixa de 150km a partir da linha de fronteira, para ambos os lados, incluindo cerca de 100 cidades, com economias prioritariamente relacionadas às atividades do setor primário e ao meio rural, com taxas crescentes de urbanização e atividades econômicas no setor terciário.

Neste território, configura-se uma rede de cidades pequenas e médias dispersas no território binacional, com distâncias médias próximas a 100 km, caracterizadas por populações de até 300 mil habitantes e baixas densidades populacionais urbanas. A paisagem natural se caracteriza pelas baixas altitudes, com suaves transições topográficas entre largas áreas de planícies baixas, suscetíveis a ocorrência de inundações e formação de áreas úmidas, e terraços ligeiramente elevados, paisagisticamente mais atraentes, com facilidades de drenagem e ambientalmente mais adequados à urbanização. Ao propor delineamento espacial das cidades latino-americanas da faixa de fronteira Brasil - Uruguay, o trabalho pressupõe a abordagem em um contexto geomorfológico de caráter cultural binacional, de onde pressupõe-se possível apreender relações morfológicas entre a cidade e a paisagem hidrográfica, contribuindo para a compreensão e discussão sobre a realidade geral das cidades latino-americanas.

Nota-se que o presente trabalho apresenta um panorama do desenvolvimento atual de uma pesquisa ampla, que baseia-se na abordagem integrada entre campos disciplinares distintos, com uma delimitação espacial que define um conjunto considerável de cidades de estudo e configura um amplo conjunto de possibilidades analíticas. O estudo indica que, mediante a integração e a sistematização dos dados digitais que passam a estar disponíveis sobre as cidades e o ambiente natural, é possível percorrer uma abordagem metodológica relativamente robusta que envolva recursos da geocomputação, modelos urbanos e modelagem ambiental, assim possibilitando à teoria e ao planejamento urbano trabalharem para a antecipação de conflitos que venham ocorrer nas relações cidade e ambiente.

2. REVISÃO TEÓRICA

Urbanização na América Latina e no bioma Pampa.

No contexto global, para reconhecer o fenômeno da urbanização, sugerem-se dois principais objetos e contextos para análise e investigação. Das grandes cidades globais, a partir dos reconhecidos centros urbanos onde tem ocorrido grande parte do desenvolvimento econômico mundial, ou nos contextos urbanos alternativos, sobretudo onde nas últimas décadas têm ocorrido superiores taxas de urbanização. A partir desta segunda perspectiva, cidades dos países em desenvolvimento, anteriormente reconhecidos como bloco do terceiro mundo, América Latina, África e Ásia, estão indicadas como importantes para o estudo da urbanização contemporânea, sendo objetos interesse da comunidade acadêmica internacional (UN-Habitat, 2012; ESRC, 2013).

Ademais, os estudos urbanos dedicados às cidades latino-americanas e dos continentes em desenvolvimento podem ser classificados e compreendidos mediante duas abordagens distintas. Do interesse científico internacional, por pesquisadores e instituições situadas nos países desenvolvidos, que com certa recorrência abordam as questões da urbanização latino-americana, principalmente mediante uma releitura das teorias e modelos construídos para os próprios contextos dos países desenvolvidos, como os trabalhos dos norte-

americanos Griffin e Ford (1980), que propõem o modelo estático da estrutura da cidade latino-americana, bem como de Janoshka (2004), que procura abordar a segregação socioespacial, a formação dos condomínios fechados e a fragmentação nas cidades latino-americanas a partir das teorias da geografia humana alemã. Por outro lado, podemos considerar que ocorrem importantes estudos dedicados às diferentes realidades e contextos dos países em desenvolvimento, liderados e realizados com autonomia por pesquisadores e grupos de origem nos próprios países em questão, vertente na qual decorrem um conjunto de trabalhos que inclui toda a produção brasileira latino-americana em Planejamento Urbano e Regional, bem como os estudos desenvolvidos por pesquisadores latino-americanos sediados em universidades do exterior, como por exemplo Barros (2004), no caso de brasileiro, bem como Aguilar (2008), no caso do México.

A partir de uma visão agregada, é possível considerar que o continente latino-americano mantém uma das maiores desigualdades sociais internas, baseada em uma alta concentração da renda associada a uma forte tendência à segregação socioespacial, onde grande parcela da população vive em assentamentos informais, com baixa qualidade de urbanização e dificuldade de acessar as facilidades e benefícios do convívio nas cidades. Afora os aspectos da exclusão espacial e desigualdade social, o crescimento das cidades latino-americanas está intimamente associado a ocorrência de impactos sobre o ambiente natural, onde são recorrentes os desastres naturais e mútuos os impactos sofridos pelos atributos naturais e pela sociedade. Como tem sido, no recorrente processo expansão, as cidades acabam por indiscriminadamente ocupar e converter os atributos da paisagem responsáveis pela manutenção das relações bióticas naturais, como nascentes e linhas de drenagem dos recursos hídricos, matas nativas e diversos outros espaços de habitat da fauna e da flora natural. Nesta dinâmica socioespacial, a pequena parcela populacional das classes socioeconômicas superiores e a cidade formal tende a se apropriar e ocupar os locais paisagisticamente mais atraentes e ambientalmente mais adequados à urbanização, delegando à base da pirâmide socioeconômica, a grande parcela da população e a cidade informal, a ocupação dos locais com desvantagens ambientais, geralmente associado aos locais extremamente baixos, com dificuldades de drenagem e suscetíveis a alagamentos, ou nas maiores declividades, geralmente nas encostas de morros, em locais propensos ao deslizamento de terra. Em suma, podemos considerar que, das relações entre cidade e ambiente no contexto da América Latina, há um processo de atrito crescente entre sociedade e natureza, com recorrentes impactos e externalidades negativas para ambos, onde estudos sobre o crescimento urbano integrados à paisagem hidrográfica podem contribuir para a prevenção e mitigação destes desastres naturais.

Se por um lado as grandes cidades latino-americanas representam um enorme desafio à urbanização do continente, por outro, devemos considerar que cerca de metade da população vive nas pequenas e médias cidades, com menos de 500 mil habitantes, as quais representam uma grande oportunidade para enfrentar as conhecidas questões de equidade, qualidade e sustentabilidade das cidades latino-americanas. Ou seja, podemos considerar que a maioria das cidades da América Latina encontram-se diante de uma situação desafiadora, uma vez que é possível trabalhar para antecipação e mitigação dos conflitos que podem ser identificados nas grandes cidades do continente, de modo a prevenir os problemas naturais e trabalhar na busca por um modelo adequado de desenvolvimento urbano, que considere as respectivas realidades culturais, regionais e ambientais.

Deste modo, o presente trabalho está delineamento para o contexto da faixa de fronteira entre o Brasil e o Uruguai, território caracterizado pelo bioma Pampa, portanto aborda uma

realidade que vai além dos limites político-administrativos e está inserido em uma unidade geomorfológica ambiental comum.

De modo geral, o Pampa é caracterizada por um vasto território de altitudes baixas, com suaves ondulações topográficas e uma paisagem hidrográfica definida por amplas formações de planícies aluviais e terraços ligeiramente elevados, também chamados de coxilhas. São característicos do bioma Pampa a formação de campos limpos, cobertos por gramíneas rasteiras, pontuados por matas arbóreas na forma de capões dispersos e entremeados por linhas de drenagem, as quais, devido as baixas declividades, definem áreas de várzea bastante alargadas e associadas à formação de mata arbustiva ciliar.

Esta região, dos Campos Sulinos, além de corresponder a uma unidade geomorfológica, é reconhecida também pela caracterização de uma paisagem cultural relativamente homogênea. Pela uma sobreposição de diversos contextos, como a horizontalidade topográfica, os históricos conflitos e os diversos limites político-administrativos ocorridos desde a colonização até a independência das unidades federadas, bem como o relativo desinteresse das colônias portuguesas e espanholas pelas riquezas da região, acabaram por configurar esta paisagem cultural homogênea simbolizada na figura do Gaúcho, com economias de forte relação às atividades do setor primário e do meio rural e da formação de uma rede de cidades pequenas e médias dispersas, com distâncias médias próximas a 100 km.

No bioma Pampa, sob o ponto de vista da paisagem natural, as baixas altitudes, as suaves transições entre planícies baixas e terraços ligeiramente elevados, definem um território relativamente plano com sutis fragilidades ambientais e discretas restrições à urbanização, que, a primeira vista, sugerem a formação de uma paisagem isotrópica onde urbanizações ocorreriam sem relações às variáveis do ambiente natural. Contudo, como estão destacados no conjunto de imagens de satélite apresentadas na figura 1 a seguir, nas cidades de Bagé e Santana do Livramento/BR e Rivera/UY, é possível perceber estreitas relações entre a forma das cidades (destacadas em vermelho) e os atributos dos recursos hídricos (destacados em azul), onde as centralidades urbanas ocorrem em locais ambientalmente privilegiados junto aos terraços elevados e a expansão periférica da cidade decorrente, sugere adaptações à forma delineada pelas linhas de drenagem e áreas de várzea.

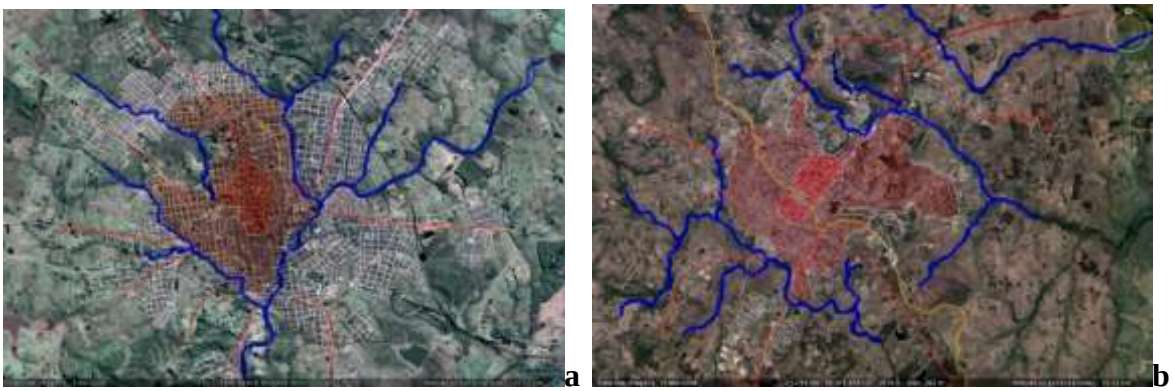

Fig 1 Relações morfológicas entre a forma urbana e a paisagem hidrográfica para as cidades da fronteira BR-UY: a) Bagé; b) Santana do Livramento e Rivera.

Em síntese, ao propor delineamento espacial das cidades LA do contexto do bioma Pampa, o trabalho pressupõe uma realidade adequada à abordagem integrada entre cidade e ambiente, onde a paisagem hidrográfica definida pelas sub-bacias hidrográficas,

diferenciada pelas áreas baixas junto às linhas de drenagem e os terraços elevados junto aos divisores de água, são consistentes à aproximação e representação da diversidade de atributos e complexidade do ambiente natural do bioma Pampa, de onde é possível apreender relações morfológicas entre a cidade e natureza.

Modelagem e Morfologia Urbana

Como está proposto por Batty (2015) no editorial do periódico Environment and Planning B, diante da complexidade do fenômeno urbano, não existem modelos ou teorias suficientemente robustas, capazes de predizer, com total precisão, as cidades do futuro. Entretanto, a contribuição da ciência urbana está exatamente nestas sucessivas aproximações à complexidade urbana, pelos diversos estudos urbanos, realizadas nos diferentes contextos e com distintos propósitos, onde o próprio acúmulo de modelos e teorias a respeito da urbanização representam as maiores perspectivas de contribuição da ciência à real compreensão sobre o futuro das cidades, em tempos que "a realidade parece ser cada vez mais imprevisível e nos tornamos cada vez mais conscientes de que sempre foi assim".

De modo geral, as teorias dedicadas a localização, a estrutura interna e as dinâmicas ocorridas nas cidades, tratam de abstrações do fenômeno urbano mediante descrições das externalidades formais e construídas, desenvolvidas mediante conteúdos tradicionais das áreas de conhecimento da economia, da geografia, da ecologia, da sociologia e da morfologia urbana, dentre outras. Em essência, estas distintas abordagens convergem ao pressuposto que existe uma ordem intrínseca ao fenômeno da urbanização, relativos aos diferentes sistemas que operam na rede urbana - sociedade, ecologia e espaço construído, os quais mantêm relações de proporcionalidade nas grandezas de tamanho, quantidade e forma das cidades (Batty, 2013).

Nas discussões atuais sobre a dinâmica de urbanização, sob o ponto de vista da forma das cidades, há um intenso debate sobre alternativas de compactação ou fragmentação da forma das cidades, as quais estariam associadas a modos eficientes e sustentáveis de urbanização. Por um lado, há uma grande atratividade à concentração humana e compactação dos grandes centros urbanos em nome da eficiência e intensidade nas relações socioespaciais. Uma dinâmica associada à expansão e à conversão dos territórios imediatamente adjacentes, que tem formado imensos aglomerados e conurbações, o que tem contribuído para a supervalorização dos solos urbanos, formação de extensas periferias, gentrificação e significativos impactos da urbanização em áreas de interesse ambiental. Por outro lado, há um crescente debate acerca das dinâmicas de dispersão e fragmentação da forma urbana, um processo que tem sido essencialmente associado à segregação social do espaço e à conversão indiscriminada da paisagem natural em áreas urbanizadas difusas, porém, um processo que tem sido considerado pela teoria urbana recente como uma alternativa à produção de territórios urbanos excessivamente compactos, mediante a formação de uma rede de cidades adequadamente polarizadas e uma possibilidade das cidades ocorrerem espacialmente integradas aos atributos da paisagem natural, evitando assim a urbanização em locais de interesse natural e propensos à ocorrência de desastres ambientais.

Contemporaneamente, diversos estudos sobre a estrutura e o crescimento urbano têm sido desenvolvidos à luz das ciências complexas e da auto-organização, dedicados a explorar e descrever a forma e a descontinuidade espacial das cidades, principalmente apoiados em

dinâmicas morfológicas de outros campos da ciências, como o caso das geometrias fractais (Batty e Longley, 1994), do crescimento por percolação (Maske et al, 1998), da alometria do crescimento urbano (Bettencourt e West, 2010), do crescimento urbano por leapfrogging (Benguigui et al., 2001), dentre outros. Estes estudos sugerem um campo de possibilidades ao estudo integrado entre as dinâmicas do crescimento urbano e as condicionantes da paisagem natural, onde o trabalho pretende identificar possibilidades teóricas de abordagens integradas entre a forma da cidade e a hidrografia, principalmente em termos da discussão sobre a compactação e dispersão da forma das cidades contemporâneas.

Portanto, considera-se que a partir de uma abordagem integrada sobre a forma e a localização que ocorrem os crescimentos urbanos e a suas relações espaciais com os atributos da paisagem natural, pode-se apreender grande parte dos conflitos socioambientais decorrentes, seja pela supressão de atributos de interesse e valor paisagístico, ou pelo uso e ocupação humana em locais impróprios à urbanização e onde ocorrem dinâmicas naturais, cuja compreensão possibilita a construção de novas relações espaciais entre a cidade e o ambiente.

3. ABORDAGEM EMPÍRICA

Delineamento, SIG e bases de dados.

A pesquisa propõe como delineamento principal o conjunto de cidades pequenas e médias localizadas na região da fronteira Brasil e Uruguay, que corresponde a uma faixa de 300km largura e inclui cerca de 100 cidades, de portes variados, caracterizadas por populações de até 300 mil habitantes e baixas densidades populacionais urbanas, dispostas de modo relativamente disperso sobre uma paisagem natural relativamente homogênea definida pelo bioma Pampa.
Para a abordagem empírica o trabalho está apoiado na construção de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), de modo a uma adequada organização dos dados e a construção de mapas, possibilitando análises da sucessão temporal dos estágios do crescimento urbano associadas ao mapeamento da paisagem natural, mediante a sobreposição vertical das camadas de informação de natureza distinta, significando assim ganhos analíticos e descritivos à pesquisa.

Como está apresentado no mapeamento da rede de cidades da faixa de fronteira Brasil e Uruguai na Figura 2, a seguir, o, a pesquisa inclui no seu delineamento um conjunto de cidades pólos regionais (como Pelotas, Rio Grande, Bagé e Uruguaiana, no Brasil; Rocha, Melo e Treinta y Tres, no Uruguay), todas com mais de 150 mil habitantes. Inclui também um conjunto de seis cidades-gêmeas, binacionais (Chuí-Chuy, Jaguarão-Rio_Branco, Aceguá-Acegua, Livramento-Rivera, Quarai-Artigas; Barra_Quaraí-Bella_Union, brasileiras e uruguaias, respectivamente), justapostas na linha de fronteira, caracterizadas por um contexto político, administrativo e cultural de grande interesse e trocas internacionais. O delineamento inclui também uma ampla conjunto de cerca de 80 pequenas cidades, que contribuem para a configuração da rede de cidades da faixa de fronteira, todas menos de 50 mil habitantes, em processo de crescimento e configuração urbana ainda inicial.

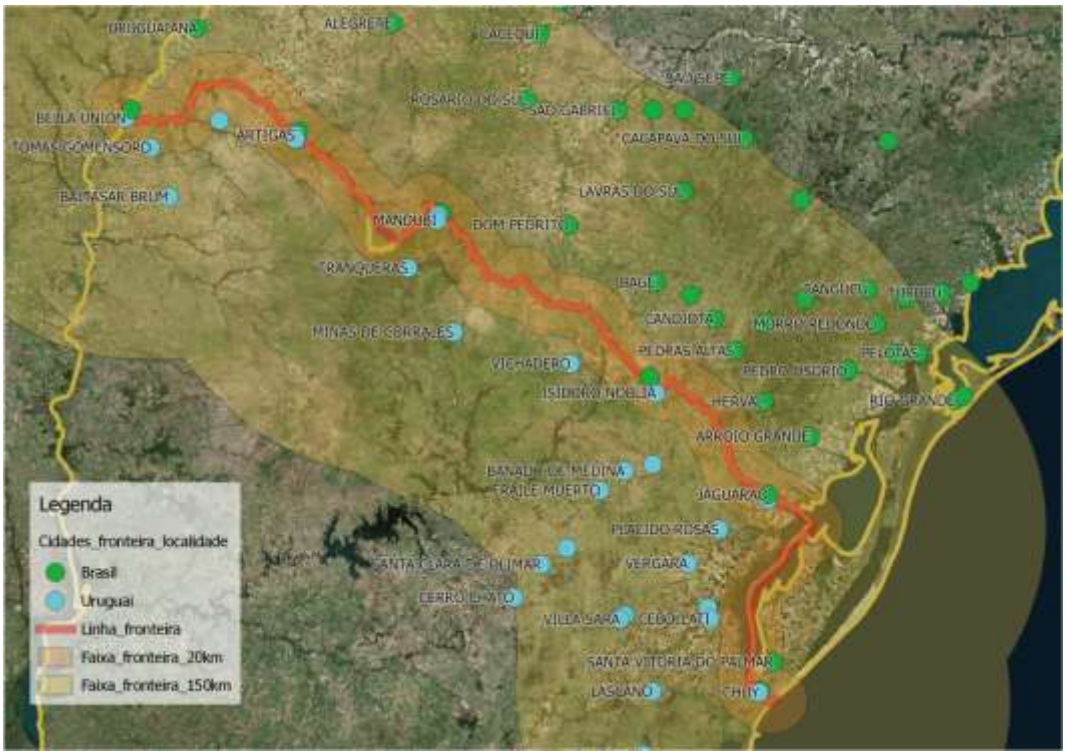

Fig. 2 Mapeamento da rede de cidades da faixa de fronteira Brasil e Uruguai.

Destaca-se algumas fontes de dados principais, como o Catálogo de Imagens da Divisão de Geração de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (DGI-INPE, http://www.dgi.inpe.br/cdsr/), onde estão disponibilizadas imagens do satélites Landsat, nas versões 1 ao 8, das quais é possível acessar series históricas que registram estágios anteriores das forma das cidades, desde o ano de 1973. Outra fonte destacada de dados são os levantamentos aerofotogramétricos realizados desde as décadas de 1950 e 1960 pelas forças militares em locais estratégicos do Brasil, como o caso da faixa de fronteira com o Uruguai. Sobre este conjunto de imagens, uma possibilidade de aquisição de dados e analisa para os dadso está apresentada na figura 3 a seguir, para as cidades gêmeas de Aceguá-Acegua, na fronteira Brasil-Uruguai, sobre as imagens de 2015 do Google Earth (figura 4a), de 1985 do Landsat5 (figura 4b) e de 1973 do Landsat1 (figura 4c).

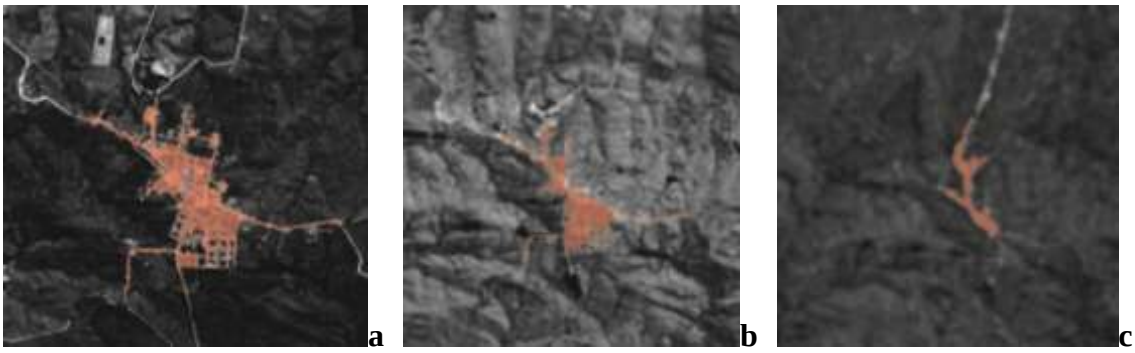

Fig 3 Série histórica de imagens de satélite das cidades de Aceguá-BR e Acegua-UY: a)2015, do Google Earth; b) 1985, do Landsat5; c) 1973, do Landsat1

Ainda, para a abordagem empírica, a pesquisa pretende realizar a modelagem da paisagem da hidrográfica para as respectivas cidades em estudo, a partir do uso de modelos digitais de terreno da SRTM (Shuttle Radar Topography Mission, da USGS-NASA), para o delineamento das sub-bacias hidrográficas e abordagem integrada entre o crescimento das

cidades e a paisagem hidrográfica. A exemplificação deste conjunto de dados e possibilidade de análise está na figura 4 a seguir, que apresenta um conjunto de mapas para o caso da cidade de Jaguarão-RS, com o modelo digital de terreno e a hidrografia (figura 4a), a sobreposição da imagem aerofotogramétrica do ano de 1964 (figura 4b), a sobreposição de imagem de satélite atual (figura 4c) e os dados da evolução urbana, entre os anos de 1815 e 2015 representados em escalas de vermelho, sobrepostos ao modelo do terreno e as linhas de drenagem (figura 4d).

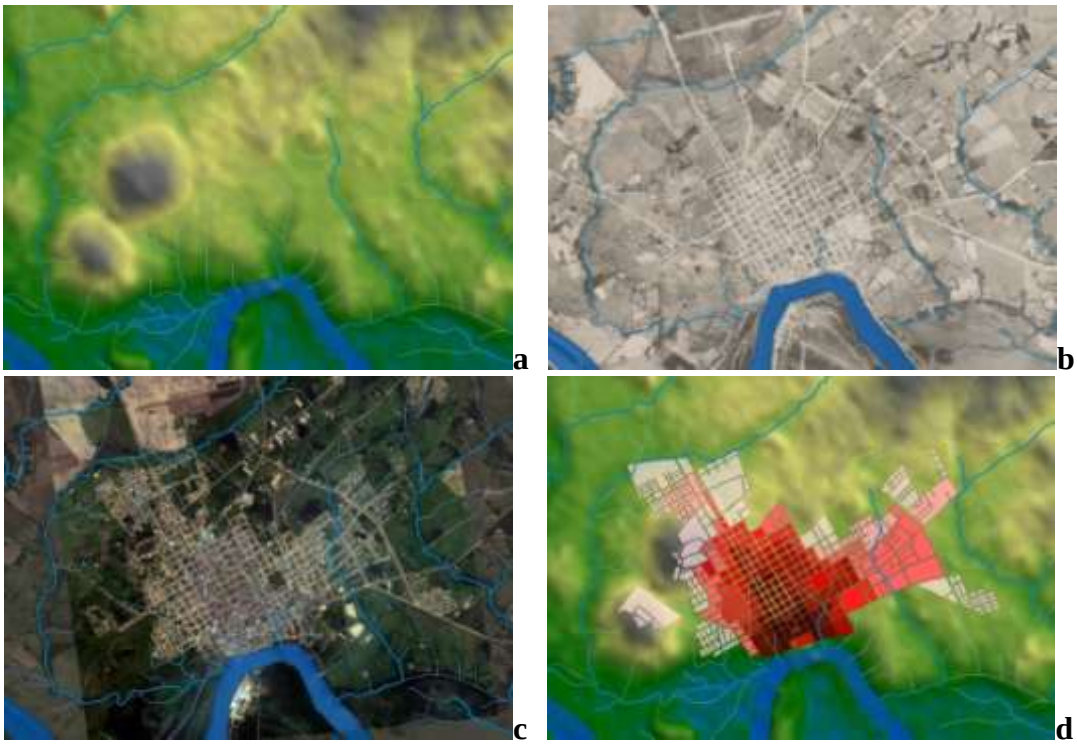

Fig 4 Sistematização das informações da cidade de Jaguarão, com sobreposição das linhas de drenagem ao : a) modelo digital de terreno, em rampa de cores do verde-amarelo-cinza; b) aerofotografia de 1964; c) imagem do satélite QuickBird de 2014; d) evolução urbana entre 1815 e 2015, em escala de vermelho.

Em síntese, na abordagem empírica o trabalho enfrenta a lacuna sobre a disponibilização de dados e conhecimento sobre o crescimento das cidades latino-americanas, dedicando-se ao estudo das cidades da faixa de fronteira Brasil e Uruguay, mediante três principais enfrentamentos: i) realização de pesquisa documental das respectivas cidades, com coleta e digitalização de registros aerofotogramétricos, mapas históricos e bases de dados digitais de imagens de satélite; ii) a aplicação e sistematização dos dados em ambiente SIG, onde o conjunto de dados estarão relacionados e georreferenciados; iii) realização de análises espaciais integradas entre as diferentes variáveis urbanas e ambientais.

Modelagem Urbana

Para os estudos urbanos, modelos urbanos são construções teóricas abstratas capazes de descrever os objetos que existem, existiram ou podem vir a existir nas cidades. Sob outra perspectiva, modelos urbanos podem ser compreendidos instrumentos para a análise e investigação sobre a complexidade do fenômeno urbano. Considera-se que modelos e teorias convergem como diferentes métodos de representar os sistemas urbanos, uma vez que buscam maneiras simplificadas e eficientes de fazer esta abstração (Batty, 2013).

Atualmente a modelagem urbana está fortemente apoiada em processamentos computacionais, construídas como ferramentas digitais que possibilitam a representação e analise das estruturas urbanas. Modelos urbanos são possibilidades instrumentais para a pesquisa urbana uma vez que possibilitam a alocação de teorias a serem testadas, onde computadores atuam como verdadeiros laboratórios para reproduzir a cidade experimentalmente. São ferramentas de investigação com possibilidades para articular o presente, o passado e o futuro das cidades, servindo à cientistas e planejadores para capturar o fenômeno e explorar cenários, atuando assim como uma ponte entre a teoria e a prática (Batty, 2013).

Para o desenvolvimento de recursos de modelagem urbana, o trabalho se insere no contexto de pesquisa do Laboratório de Urbanismo da UFPel com este tipo de linguagem e método de investigação, dedicadas à construção e aplicação de uma série de medidas urbanas e a produção de software. Estes recursos de modelagem urbana estão construídos no formato de softwares computacionais, que representam dois frameworks de modelagem urbana chamados de UrbanMetrics e CityCell, dedicados a diferenciar o espaço urbano interno a partir de linhas axiais e recursos do da teoria dos grafos, e simular a dinâmica urbana representada em ambiente celular com apoio dos recursos de autômatos celulares, respectivamente.

O software UrbanMetrics, ou Medidas Urbanas em português, aplica recursos de modelagem urbana a partir da teoria dos grafos, através de representações dos espaços urbanos pelos componentes geométrico das linhas axiais. A representação axial e a modelagem por grafos tem sido presente na representação sintática do espaço urbano (com destaque a vertente analítica da Sintaxe Espacial), amplamente utilizados em estudos dedicados à diferenciação dos espaços internos da cidade, mediante a simulação da movimentação natural que ocorre na rede dos espaços abertos interconectados (Hillier et al, 1993). No mesmo caminho, o software UrbanMetrics vem sendo desenvolvido pelo grupo do Laboratório de Urbanismo da Universidade Federal de Pelotas, com capacidades de diferenciar o sistema urbano através dos modelos de acessibilidade e centralidade (Krafta, 1994), principalmente.

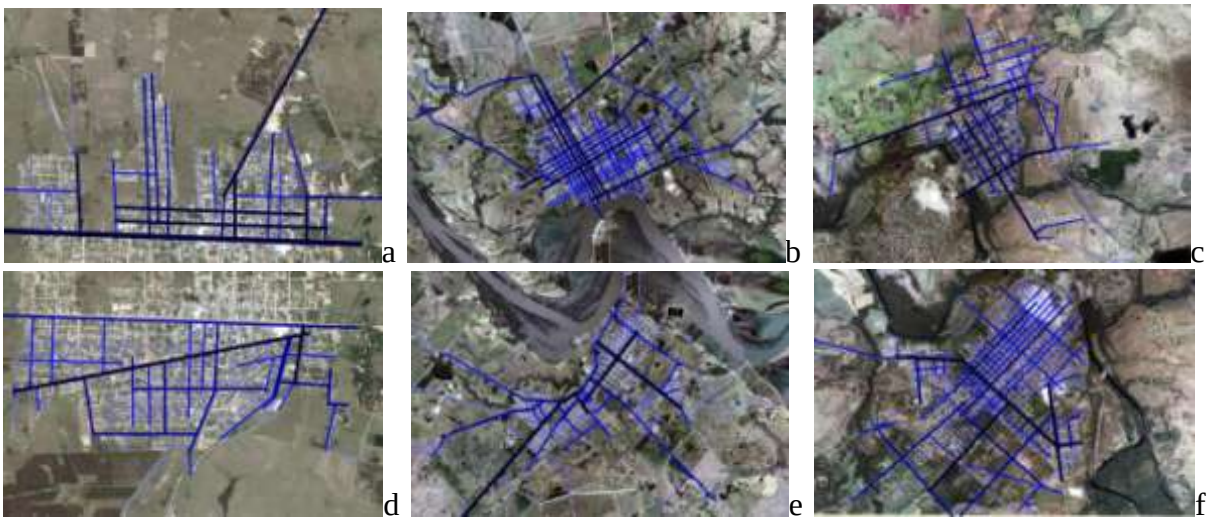

Fig 5 sobreposição de mapeamento urbano, a partir da medida de centralidade, e a hidrografia, a partir das subbacias e linhas de drenagem.

A figura 5, acima, apresenta um conjunto de análises de centralidade, para as cidades gêmeas de: (a) Chuí-BR e (d) Chuy-UY; (b) Jaguarão-BR e (e) Rio Branco-UY; (c) Quaraí e (f) Artigas, analisadas de modo isoladas, onde destaca-se a principal estrutura configuracional das respectivas cidades a partir da medida de centralidade. A medida de centralidade (Krafta, 1994), que possibilita a diferenciação da configuração intraurbana das cidades, a partir da representação dos espaços urbanos através dos componentes axiais do sistema viário, tem capacidade de destacar os espaços urbano estratégicos, posicionados na estrutura formal das cidades, responsáveis pela intermediação dos caminhos mínimos da relação entre os espaços urbano.

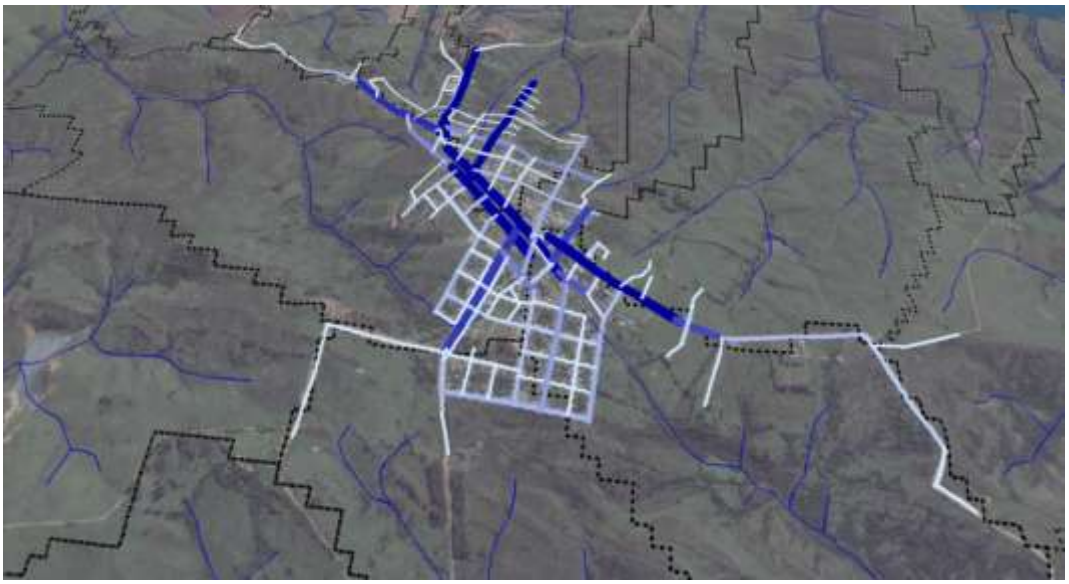

Fig 6 sobreposição de mapeamento urbano, a partir da medida de centralidade, e a hidrografia, a partir das subbacias e linhas de drenagem.

A figura 6, acima, apresenta uma análise da medida de centralidade para as cidades de Aceguá-BR e Acegua-UY, sobreposta ao mapeamento das subbacias hidrográficas e linhas de drenagem. Na imagem, nota-se a articulação espacial existente entre a forma urbana, a configuração das centralidades e os atributos da paisagem hidrográfica. Neste caso das cidades gêmeas de Acegua, a forma urbana está disposta de modo a evitar a sobreposição às linhas de drenagem e a estrutura viária principal, definida pelas maiores centralidades, ocorrem de modo a acompanhar os divisores de água das subbacias hidrográficas.

4. CONSIDERAÇÕES

Ao tratar do tema crescimento urbano e paisagem hidrográfica, o trabalho aborda objetos tradicionalmente abordados por campos epistemológicos distintos, a urbanização e a natureza, onde evidenciam-se a existência de relações mútuas para a configuração da forma urbana resultante. Considera-se que, embora em estágios exploratórios e iniciais de análise, o estudo sobre crescimento urbano integrado à paisagem hidrográfica pode contribuir para a antecipação e mitigação dos conflitos entre cidade e ambiente, considerando a realidades cultural, social e ambiental da fronteira Brasil e Uruguai.

O trabalho envolve um conjunto de dados e recursos de modelagem, urbanos e ambientais, que aplicados em um Sistema de Informações permitem análises espaciais verticais e horizontais, relacionando dados de natureza distinta e estudos comparados entre diferentes cidades. Deste modo, realiza um estudo dedicado às cidades fronteira Brasil e Uruguai,

estudando crescimento urbano e paisagem hidrográfica, desenvolvendo capacidades de analises espaciais integradas, constituindo um recurso de suporte a tomada de decisões ao planejamento ambiental urbano.

Para a realidade delineada, é possível considerar que os atributos dos recursos hídricos e a paisagem hidrográfica oferecem resistências diretas e evidentes à expansão urbana, e acabam por influenciar a configuração da forma urbana. No contexto do bioma Pampa, a paisagem hidrográfica é configurada por áreas alagadiças adjacentes às linhas de drenagem, que definem locais de forte restrição à urbanização, contrastando-se com as facilidades e capacidade de suportar a urbanização que se apresenta junto aos terraços divisores de águas. É possível afirmar que, a partir da escala das sub-bacias hidrográficas, para o delineamento proposto ao trabalho, a urbanização e o crescimento urbano tendem a naturalmente ocorrer nos locais mais adequados a urbanização e com relativa distância e preservação dos recursos da paisagem hidrográfica.

Contudo, a forma que ocorre o manejo das águas urbanas pode ser indicada com um fator que influencia a configuração urbana, onde medidas estruturais ou transformadoras da paisagem natural podem viabilizar o crescimento urbano concêntrico e compacto, enquanto por outro lado, ações de preservação e renaturalização dos atributos naturais atuariam para fragmentação e formação adequada de vazios e áreas não-urbanizadas.

Portanto, o trabalho corrobora com as ideias que a ocorrência da forma urbana fragmentada são alternativas morfológicas que permitem que os vazios urbanos possam coincidir espacialmente com locais de interesse do ambiente natural, viabilizando a preservação ambiental urbana. Considera-se que a dinâmica do crescimento e a descontinuidades espacial podem ser de fato um caminho para melhor coexistirem sistemas urbanos e ecossistemas naturais, onde a abordagens integradas entre urbanismo e preservação ambiental são possibilidades para reduzir custos de implantação de infraestrutura e redução dos impactos do crescimento urbano sobre a paisagem natural.

5 REFERÊNCIAS

AGUILAR, A. G. (2008). **Peri-urbanization, illegal settlements and environmental impact in Mexico City.** Cities, 25(3), 133–145. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.cities.2008.02.003

BARROS, Joana. (2004) **Urban Growth in Latin American Cities: Exploring urban dynamics through agent based simulation.** PhD Thesis. Londres: Casa.UCL.

BATTY, Michael (2013) **The New Science of Cities.** MIT Press

BATTY, Michael (2015) **Models again: their role in planning and prediction.** Environment and Planning B: Planning and Design 2015, volume 42, pages 191 – 194

BATTY, Michael; LONGLEY, Paul (1994) **Fractal Cities: geometry of form and function.** Academic Press, London.

BENGUIGUI, Lucien; CZAMANSKI, D.; MARINO, M.; (2001) **City Growth as a Leapfrogging Process: An Application to the Tel Aviv Metropolis.** Urban Studies 38(10): 1819–1839.

BETTENCOURT, Luis; WEST, Geoffrey (2010) **A unified theory of urban living.** Nature, 467, 912–913

ESRC (2013) **Urban Transformations: Scoping Report on Research Priorities.** Economic & Social Research Council, London.

GRIFFIN, E.; FORD, L. (1980) **A Model of Latin American City Structure.** Geographical Review, 70, 397-422.

HILLIER, Bill *et al*. (1993). **Natural movement.** Environment & Planning B 20. P. 29-66

JANOSHKA, Michael (2004) **Modelling the dynamics of Latin American Cities: from polarization to fragmentation.** Bauhaus-University Weimar.

KRAFTA, Romulo (1994) **Modelling Intraurban configurational development.** Environment and Planning B: Planning and Design, v. 21. London: Pion. p. 67-82.

MAKSE, Herna'n; ANDRADE JR., J.; BATTY, M.; HAVLIN, S.; STANLEY, E. (1998) **Modeling urban growth patterns with correlated percolation.** Phisical Review Vol. 58 Number 6. The American Physical Society. p. 7054-7062.

POLIDORI, Maurício (2004) **Cidade e ambiente: um estudo exploratório sobre as transformações e o futuro da cidade.** Tese Doutorado UFRGS - PPGECO.

PORTUGALI, Juval (2000) **Self-organization and the city.** Berlin: Springer.

UNITED NATIONS - HABITAT (2012) **The State of Latin American and Caribbean Cities: Towards a new urban transition**. United Nations Human Settlements Programme.